

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 163

KITEENJÄRVEN ILMASTUS 1980-
LUVULLA

Paula Mononen
Olavi Sandman

V E S I - J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N
M O N I S T E S A R J A

Nro 163

KITEENJÄRVEN ILMASTUS 1980-
LUVULLA

Paula Mononen
Olavi Sandman

Vesi- ja ympäristöhallitus
Helsinki 1989

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiristä

ISBN 951-47-2401-1

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,
Helsinki 1989

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä

20.3.1989

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Mononen, Paula ja Sandman, Olavi

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Kiteenjärven ilmastus 1980-luvulla (Luftning av sjön Kiteenjärvi under 1980-talet)

Julkaisun laji

Selvitys

ToimeksiantajaToimielimen asettamispvmJulkaisun osatTiivistelmä

Kiteen keskustaajaman välittömässä läheisyydessä sijaitseva Kiteenjärvi on ollut pahoin rehevöitynyt jo 1960-luvulla. Merkittävimmät veden laatuun vaikuttaneet tekijät ovat olleet järvenlaskut (1780-luvulla ja v. 1847), maatalous, jätevedet sekä ojitukset, perkaukset ja muut kuivatustyöt. Alusveden muodostaa altaan pinta-alaan verrattuna pieni syväne, jonka vesimassa on pelkistynyt talvisin hapettomaksi. Pelkistyneissä oloissa pohjalietteestä on vapautunut runsaasti fosforia, rautaa ja typpeä. Talvisen happitilanteen kohentamiseksi syvänteen ilmastamista on toteutettu vuodesta 1981, lyhytaikaisia hapetuskokeiluja on tosin tehty jo 1970-luvun alkupuolella.

Ilmastuksen vaikutuksia Kiteenjärven tilaan on selvitetty vuoden 1988 aikana sedimenttitutkimuksin sekä vedenlaatuaineistoa ja kuormitustietoja hyväksi käyttäen. Systemaattisen ilmastuksen seurauksena, etenkin vuoden 1985 jälkeen, alusveden keskimääräinen happipitoisuus on kohonnut ja kokonaisfosforipitoisuus laskenut talvikerrosteisuuskausien aikana. Alusveden happikatoja ei viime vuosina ole todettu.

Sedimenttitutkimuksen mukaan syvänteen pohjalietteen eloperäisen aineen osuus on alhainen. Ilmastuksen seurauksena sedimentin pintakerros on hapettunut, mikä näkyy välittömän hapen kulutuksen alhaisena arvona sekä mangaani- ja kokonaisfosforipitoisuuden kohoamisena. Emäslukoisen fosforin osuus kokonaisfosforin määrästä on syvänteen sedimentin pinnassa suuri verrattuna muiden asemien tuloksiin. Sedimenttitutkimuksen mukaan näyttää siltä, että Potoskanlahden, Kiteenlahden ja Hyypiin pohja-alueille kerrostuu runsaasti valuma-alueelta peräisin olevaa eroosiomateriaalia. Päätyenlahti sen sijaan on umpeenkasvava erillinen alue, jonka orgaaninen aine on suurelta osin paikallisesta kasvillisuudesta peräisin.

Käyttökelpoisuudeltaan Kiteenjärvi kuuluu tyydyttävään luokkaan (III). Päätyenlahti sen sijaan luokkaan V (huono). Selvityksen mukaan talvikauden ajan ilmastusta tulisi jatkaa entiseen tapaan. Kesäaikainen ilmastus sen sijaan ei näytä käytettävissä olevien tietojen perusteella välttämättömältä.

Asiasanat (avainsanat)

Kiteenjärvi, ilmastus, sedimentti

Muut tiedotSarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 163

ISBN

951-47-2401-1

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

42

Kieli

suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

JakajaPohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri
(puh. 973-1411)Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus

S I S Ä L L Y S

Sivu

1	JOHDANTO.....	5
2	TUTKIMUSALUEEN YLEISKUVAUS.....	5
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	8
3.1	Vedenlaatuaineisto ja kuormitustiedot.....	8
3.2	Sedimenttitutkimus.....	8
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELUA.....	10
4.1	Kiteenjärven tilaa muuttanut toiminta.....	10
4.2	Kiteenjärveen kohdistuva fosforikuormitus.....	15
4.3	Kiteenjärven kunnostus.....	16
4.4	Sedimenttitutkimus.....	24
4.5	Päätyeenlahti.....	29
5	PÄÄTELMÄT.....	30
5.1	Kiteenjärven tilan kehittyminen vuosina 1970-1988.	30
5.2	Toimenpidesuosituksia.....	32
	KIRJALLISUUS.....	33
	LIITTEET.....	37
1	Kiteenjärven tilavuus- ja pinta-alakäyrä	
2	Veden happipitoisuuden ja lämpötilan talvikauden (1.1.-30.4.) keskiarvo Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1970-1987	
3	Veden kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuden talvikauden (1.1.-30.4.) keskiarvo Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1970-1987	
4	Veden happipitoisuuden ja lämpötilan kesäkauden (1.6.-30.8.) keskiarvo Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1970-1987	
5	Veden kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuden kesäkauden (1.6.-30.8.) keskiarvo Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1970-1987	

1 J O H D A N T O

Kiteen keskustaajaman välittömässä läheisyydessä sijaitseva Kiteenjärvi muodostaa tärkeän virkistysalueen kunnan väestölle. Ihmistoiminnan seurauksena (mm. kirkonkylän jätevedet ja muu valuma-alueelta tuleva kuormitus) järvi on ollut pahoin rehevöitynyt 1960-luvulla. Altaan tilavuudeltaan pieni syväne lieenee tosin kärsinyt hapettomuudesta jo kauan ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia vesiekosysteemissä (Vuorinen 1977). Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä on seurattu Kiteenjärven veden laatua säännöllisesti vuodesta 1962. Kiteenjärvi onkin yksi Pohjois-Karjalan tutkituimmista vesistöistä.

Kiteenjärven syvänteiden talvisen happitilanteen kohentamiseksi on tehty hapetuskokeiluja jo 1970-luvun alkupuolella. Kiteen kunta on hankkinut järveen ilmastimen vuonna 1980. Joulukuussa 1987 kunta esitti vesi- ja ympäristöpiirille ilmastuksen vaikutusten selvittämistä. Erityisenä kiinnostuksen kohteena olivat sedimentin tila ja kesäaikaisen hapetuksen tarpeellisuus. Joulukuun 14. päivänä 1987 pidettiin aihetta käsittelevä neuvottelu, jossa sovittiin vuonna 1981 alkaneen ilmastuksen tuloksellisuuden selvittämisestä sedimenttitutkimuksin sekä vedenlaatuaineistoa ja kuormitustietoja hyväksi käyttäen.

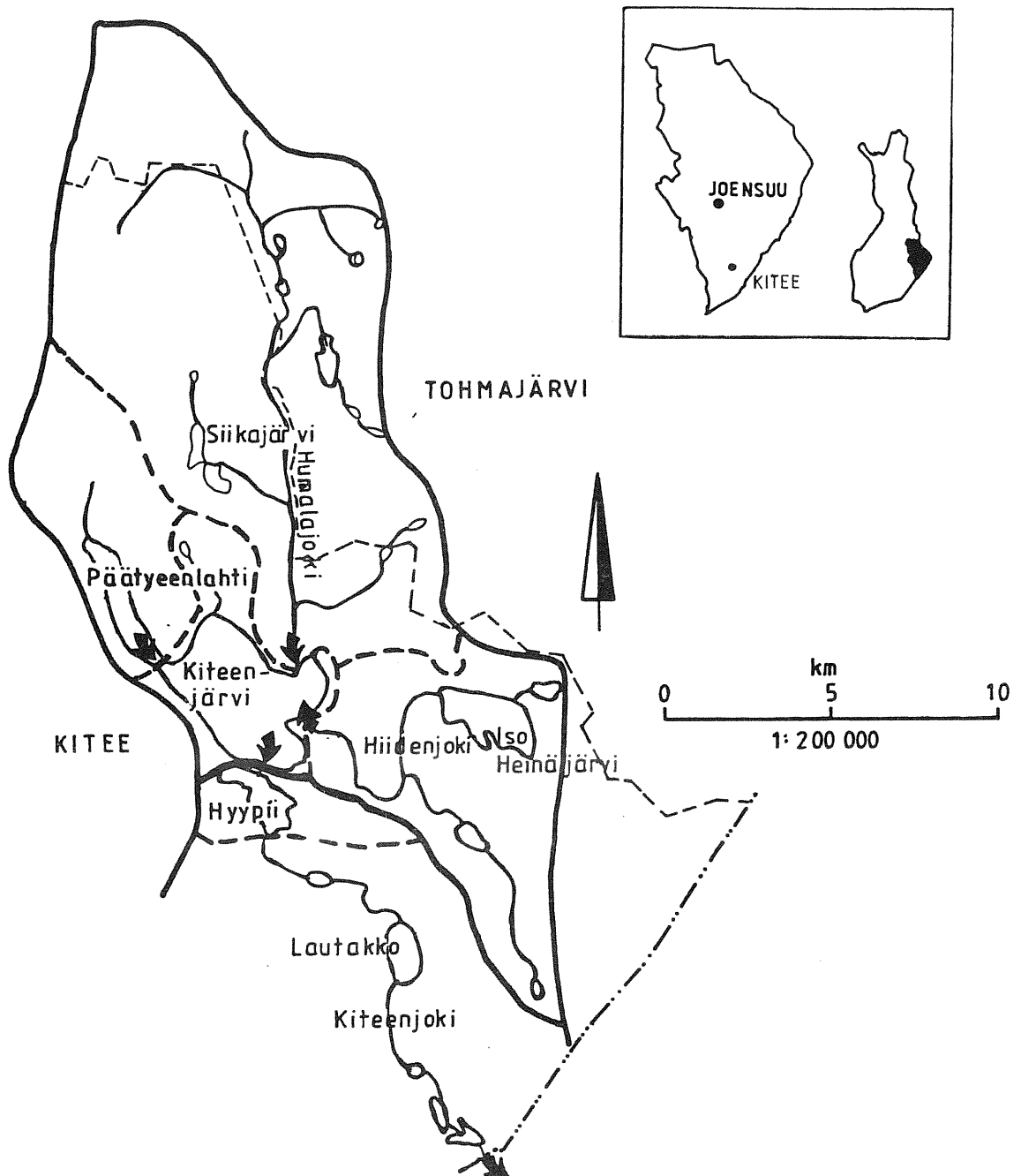
Tämä työ on tehty pääosin Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä, ja raportin on laatinut MMK Paula Mononen. Sedimenttiselvityksen on tehnyt FL Olavi Sandman Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiristä. Kiteen kunta on osallistunut sedimenttinäytteiden määrityskustannuksiin. Kiteenjärven kunnostukseen liittyviä selvityksiä ovat aikaisemmin julkaisseet mm. Väyrynen (1972), Seppänen (1974) ja Vuorinen (1977).

2 T U T K I M U S A L U E E N Y L E I S K U V A U S

Kiteenjärven valuma-alue kuuluu Kiteenjoen vesistöalueeseen (02.02, Seuna 1971). Se sijoittuu Kiteen ja Tohmajärven kuntien alueille (kuva 1). Kiteenjoen vesistöalueen pinta-ala on 465 km² (järvisyys 8,3 %), josta Kiteenjärven valuma-alueen osuus on 247 km² (järvisyys 6,6 %). Kiteenjärvi on Kiteenjoen vesistöalueen suurin järvi. Sen pinta-ala on 13,9 km² ja keskisyvyys vain 2,0 m. Vedet virtaavat Kiteenjärveen pohjoisesta Humalajokea ja idästä Hiidenjokea pitkin. Hiidenjoen yläjuoksulla sijaitsee Iso Heinäjärvi, jonka pinta-ala on 3,5 km² ja keskisyvyys 8,9 m. Kiteenjärvi laskee Hyypiin ja muutamien pienten lampien kautta Lautakkoon ja siitä edelleen Kangasjärven kautta Neuvostoliiton puolelle (Vesihallitus 1979). Taulukkoon 1 on koottu hydrologisia tietoja Kiteenjärvestä ja sen valuma-alueesta. Järven tilavuus ja pinta-alakäyrät on esitetty liitteessä 1.

Molemmat Kiteenjärveen tulevat joet Humalajoki ja Hiidenjoki laskevat järven itäosaan melko lähelle luusuaa (kuva 1), mikä aiheuttanee talvikerrosteisuuskausina lähes suoran virtauksen jokisuista Hyypiänjokeen. Järven syvän-

ne (suurin syvyys 12,8 m) sijaitsee Humala- ja Hiidenjokeen verrattuna altaan vastakkaisella puolella (kuva 2, asema 1). Se on säännöllisen muotoinen, luode-kaakosuuntainen. Alivalumakausina järven syvänteen puoleissa päässä ei juurikaan tapahdu virtausta (Väyrynen 1972).



Kuva 1. Kiteenjärven valuma-alue.

Pohjois-Karjalan seutukaavaliiton (1974) kallio- ja maaperäselvityksen mukaan kalliooperä on valuma-alueen pohjoisosissa kiilleliusketta ja fylliittiä, lisäksi jonkin verran esiintyy amfiboliittia ja metadiabaasia. Hiidenjoen alueella kalliooperä muodostuu pegmatiitti-graniitista.

Valuma-alueen maaperä on yleensä moreenia ja turvetta. Alueen luoteisrajalla kulkee pitkä hiekkavyöhyke. Hiekkaa on myös Päätyeenlahden ympäristössä sekä Kiteenjärven luoteispuolella. Kiteenjärven ja Hyypiin välissä kulkee harjujakso, joka ulottuu valuma-alueen kaakkosiin aina valtakunnan rajalle saakka (Pohjois-Karjalan seutukaavaliitto 1974).

Valuma-alueen maa-alasta on suota noin 27 % ja peltoa 20 %. Maasto on pienipiirteistä mäkimaastoa, jonka korkeusvaihtelu on 20-50 m (Vesihallitus 1979).

Osa Päätyeenlahdesta (232 ha vesi- ja 89 ha maa-alueetta) kuuluu valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan (Valtakunnallinen lintuvesiensuojeluohjelma 1981, valtioneuvoston päätös 3.6.1982). Se on kansainvälisesti arvokas suojelukohde. Kasvillisuuden runsausluku on suurin mahdollinen, ts. kaikki vyöhykkeet ovat yhteneväisiä ja laajoja. Vesikasvillisuuden valtalajina on järvikorte. Linnusto on erittäin monipuolinen, suojeluarvoltaan maan korkeimpia. Valtakunnallisessa lintuvesiensuojeluohjelmassa (1981) esitettyjen alueiden lisäksi Päätyeenlahdesta on rauhoitettu luonnonsuojelulain (71/23) nojalla ja Pohjois-Karjalan lääninhallituksen päätöksellä kolme yksityisten mailla sijaitsevaa aluetta: kaksi vesijättöpalstaa (yhteensä 55,7 ha) ja 34,8 ha:n alue varsinaisella lahtialueella.

Valtakunnalliseen lehtojensuojeluohjelmaan on esitetty Kiteenjärven itärannalla Kiteenlahdessa sijaitsevaa lehtoaluetta, jonka ala on 7 ha (Lehtojensuojelutyöryhmän mietintö 1988).

Taulukko 1. Tietoja Kiteenjärvestä ja sen valuma-alueesta.

pinta-ala (A) vedenkorkeudella $N_{60} + 79,10$ m	13,9 km ²
tilavuus (V) vedenkorkeudella $N_{60} + 79,10$ m	28 milj.m ³
keskivirtaama (MQ) luusuassa	2,3 m ³ /s
keskivaluma (Mq)	10 l/s.km ²
teoreettinen viipymä (τ)	141 d
keskisyvyys (\bar{z})	2,0 m
maksimisyvyys (z_{max})	12,8 m
valuma-alueen ala luusuassa	246,9 km ²
järvisyys	6,6 %
Humalajoen valuma-alueen ala	134,2 km ²
Hiidenjoen valuma-alueen ala	49,8 km ²
Päätyeenlahden valuma-alueen ala	38,4 km ²
Lähivaluma-alueen ala	10,6 km ²

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 VEDENLAATUAINEISTO JA KUORMITUSTIEDOT

Raportissa on käytetty piirin seurannoista sekä velvoite-tarkkailuista saatua vedenlaatuaineistoa vuosilta 1970-1988. Velvoitetarkkailua on toteutettu 1970-luvun puolivälistä lähtien, ja vuodesta 1982 sitä on suorittanut Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys r.y. Näytteenotto ja näytteiden käsittely on tapahtunut vesiviranomaisten käyttämillä tai hyväksymillä menetelmillä (Vesihallitus 1984) ja analysointi standardimenetelmin.

Kuvassa 2 on esitetty selvityksessä käytettyjen havainto-asemien sijainti. Eniten havaintoja on olemassa syvänteestä (asema 1, koordinaatit 4-688840-50902), josta näytteenottokertoja on ollut vuosittain 1-27.

Kuormitus selvitystä varten tiedot on kerätty Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin arkistosta sekä kirjallisuudesta.

3.2 SEDIMENTTITUTKIMUS

Sedimenttinäytteet otettiin 28.-29.3.1988. Havaintopaikat olivat (kuva 2):

- A syvänteen alue (Kiteenjärvi 1), syvyys n. 8 m
- B Kunonniemen edusta (Kiteenjärvi 68), syvyys 2,7 m
- C Hyypiin syväne (Hyypii 15), syvyys 6 m
- D Päätyeenlahti (Kiteenjärvi 12), syvyys n. 1 m

Syvänteen näytteitä ei voitu ottaa aivan syvimmästä kohdasta (12,8 m), koska hapettimen ympärillä oli noin 6000 m²:n sula alue.

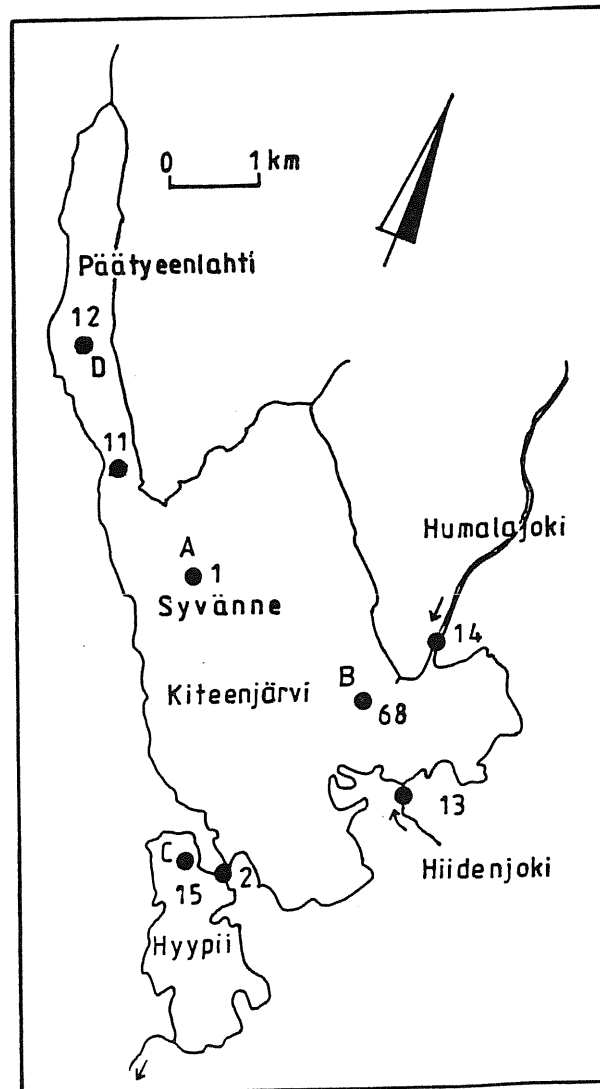
Havaintoasemilta A ja B otettiin putkinoutimella kaksi noin 30 cm:n pituista sedimenttinäytettä, joista toinen jaettiin 2 cm:n ja toinen 5 cm:n paksuisiin osanäytteisiin. 2 cm:n näytteistä määritettiin Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin (PKvy) laboratoriossa haihdutus- ja hehkutushäviö sekä kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori. Lisäksi 5 cm:n osanäytteistä määritettiin PKvy:ssä biologinen hapen kulutus (BOD₇) ja sedimentin pelkistyneiden yhdisteiden aiheuttama välitön hapen kulutus (VHK), Mikkelin vesi- ja ympäristöpiirissä sedimenttifosforin liukoisen fosforin osuus sekä Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksella kokonaisrauta ja -mangaani. Määritykset tehtiin standardien mukaan tai vesi- ja ympäristöhallinnossa yleisesti käytetyillä menetelmillä.

Hyypiistä (C) ja Päätyeenlahdesta (D) otettiin kummastakin yksi sedimenttinäyte, joka jaettiin 10 cm:n paksuisiin osanäytteisiin. Näytteistä tehtiin samat määritykset kuin asemien A ja B näytteistä.

Välitön hapen kulutus määritettiin seuraavasti: heti näytteenoton jälkeen ruiskutettiin 1 ml sedimenttiä ilmastetulla tislatussa vedellä täytettyyn happipulloon (2 rinnakkaista). Pullot suljettiin ja sekoitettiin hy-

vin. Happireagenssit lisättiin 15 minuutin inkuboinnin kuluttua. Näytteistä määritettiin laboratorioissa happipitoisuus standardiohjeen mukaisesti (Winklerin menetelmä). Välitön hapen kulutus (O_2 mg/l_{sed}) laskettiin ilmastetun veden alkuperäisen happipitoisuuden ja 15 minuuttia inkuboidun näytteen happipitoisuuden erotuksena.

Liukoisen fosforin osuus tutkittiin liettämällä 10 ml sedimenttiä 1000 ml:aan tislattua vettä, jonka pH oli kaliumhydroksidilla (KOH) nostettu pH 11:een. Lisäksi kustakin näytteestä tehtiin rinnakkainen ilman emälsäystä. Suspensiot sekoitettiin 1 tunnin kuluttua, minkä jälkeen näytteiden annettiin selkeytyä 3 tunnin ajan. Tämän jälkeen sedimentistä erottuneesta vedestä määritettiin kokonaisfosfori.



Kuva 2. Kiteenjärven havaintopaikat.

4 T U L O K S E T J A T U L O S T E N T A R K A S T E L U A

4.1 KITEENJÄRVEN TILAA MUUTTANUT TOIMINTA

Ihminen on toiminnoillaan vaikuttanut suuresti Kiteenjärven nykytilaan. Merkittävimmät veden laatuun vaikuttaneet tekijät ovat olleet järvenlaskut, maatalous, taajaman jätevedet ja ojitukset (Vuorinen 1977).

4.1.1 J ä r v e n l a s k u t

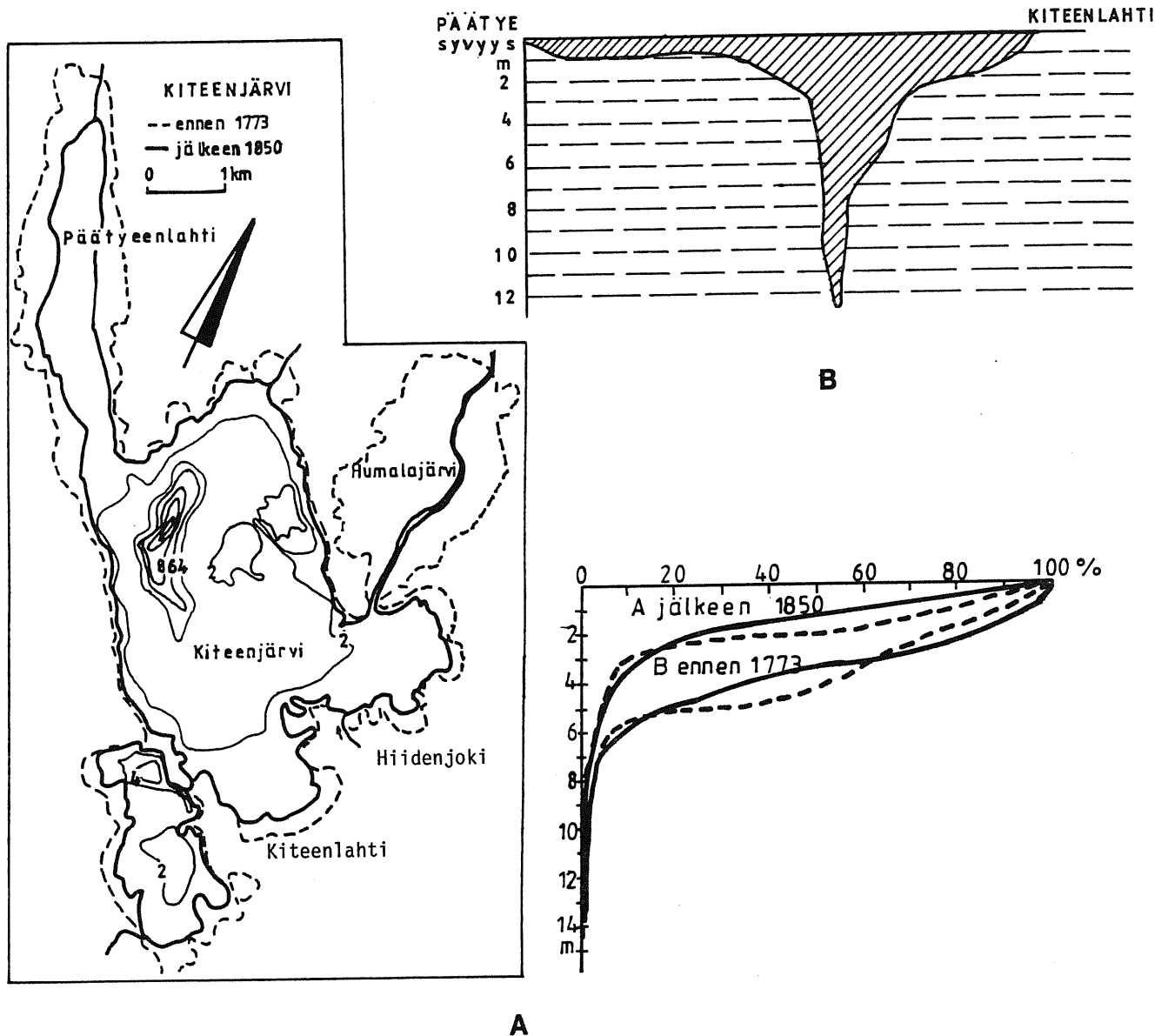
Kiteenjärven vedenpinnan ensimmäinen lasku on toteutettu 1780-luvulla ja toinen vuonna 1847 (Käyhkö 1988). Molemmissa hankkeissa vedenkorkeus aleni noin 1,5 m eli yhteensä 3 m. Altaan vesitilavuus pieneni kolmasosaan alkuperäisestä, minkä seurauksena järven syvyys-suhteet muuttuivat täysin (kuva 3). Alkuperäisessä Kiteenjärvessä keskisyvyys oli 3,8 m; yli 2 metrin syvyistä aluetta oli noin 75 % ja yli 3 metrin syvyistä aluetta noin 65 % pinta-alasta. Nykyisessä järvessä vastaavat arvot ovat 50 % ja 10 % (Vuorinen 1977). Pienentyneen vesitilavuuden takia jo valuma-alueelta tuleva luontainen kuormitus on rasittanut järveä (Saloheimo 1978).

Laskut toteutettiin viljelyskelpoisen maa-alan lisäämiseksi. Vesijättöä muodostuikin satoja hehtaareja, ja kaiken kaikkiaan hankkeiden tuloksena kuivatettiin karjatalouden tarpeisiin 1176 ha kaskimaata ja luhtaniittyjä (Kilpiäinen 1976).

4.1.2 M a a t a l o u s

Kiteenjärven valuma-alueella on viljelty maata jo 1400-luvun lopulta lähtien (Vuorinen 1978). Pellon osuus maa-alasta on noin 20 %. Pääasiallisesti viljellään timoteivaltaista nurmea (säilörehu, kuiva heinä) ja rehuviljaa. Myös ruista, vehnää ja perunaa tuotetaan. Alueella sijaitsee lisäksi kaksi ennakkoilmoitusvelvollista yli sadan sian sikalaa, joiden lannanpoisto on toteutettu lietelantajärjestelmällä (kuva 4).

Kauppi (1979) on todennut tutkimuksissaan, että pellolta huuhtoutuu fosforia vuosittain noin 60 kg/km² eli 0,6 kg/ha. Humalajoen pengerrysalueelta tulevaksi fosforikuormitukseksi on arvioitu vuosien 1981-83 havaintojen mukaan 17,2 kg/km² vuodessa. Pengerrysalueesta oli tuotoin peltoa noin 11 %. Tällä hetkellä peltoa on noin kolmannes alueesta.



Kuva 3. a) Järvenlaskujen vaikutus Kiteenjärven pinta-alaan ja tilavuuteen (Vuorinen 1977) ja b) altaan poikkileikkaus.

4.1.3 Jätevesikuormitus

Kiteen kirkonkylän taajama sijaitsee aivan Kiteenjärven lounaisrannalla (kuva 4). Yhdyskuntajätevedet ovat kuormittaneet järveä etenkin 1960-luvun alkupuolelta lähtien, jolloin taajaman jätevesihuolto järjestettiin viemärimällä mekaanisesti käsitellyt jätevedet suoraan järveen. Tuolloin myös Kiteen Meijerin (1960-luvun puolivälistä Joensuun Ympäristön Osuusmeijerin Kiteen meijeri) jätevedet johdettiin käsittelemättöminä Kiteenjärveen. 1960-luvun puolivälistä lähtien jätevedet käsiteltiin lammikopuhdistamossa, johon johdettiin asumajätevesien lisäksi myös em. meijerin jätevedet. Lammikon puhdistusteho oli BOD₇:n osalta noin 40 % ja fosforin osalta 13 %.

Vuonna 1971 lammikointia tehostettiin kemiallisella saostusyksiköllä, jossa saostuskemikaalina oli kalkki. Kemiallisen laitoksen toiminta oli kuitenkin alusta alkaen epätyydyttävää, mikä johtui lähinnä puhdistamon kapasiteetin ylittymisestä. Laitosta saneerattiin 1970-luvun loppupuolella rakentamalla lisää selkeytysaltaita ja ottamalla käyttöön saostuskemikaaliksi alumiinisulfaatti.

Vuoden 1981 kesäkuussa valmistui uusi jälkisaostuslaitos (I SVEO 1/Ym III/81, 26.2.1981), jonka ansiosta puhdistamon kuormitus Kiteenjärveen väheni merkittävästi erityisesti BOD₇-kuormituksen osalta. Saostuskemikaalina käytetään ferrosulfaattia ja kalkkia. Laitoksen lupaehdot ovat (vuosikeskiarvoina laskettuina):

- BOD₇-arvo < 20 mg/l O₂
- KOK.P < 1,0 mg/l
- puhdistusteho molempien em. osalta > 90 %

Taulukkoon 2 on koottu kirkonkylän puhdistamon kuormitus ja puhdistusteho vuosina 1975-1987. Vuosina 1982-1987 vesistöön johdettu kuormitus on ollut keskimäärin : BOD₇ 19,1 O₂ kg/d, fosfori 0,9 kg/d ja typpi 43,8 kg/d.

Taulukko 2. Kiteen kirkonkylän puhdistamon puhdistusteho (% tulevasta) ja kuormitus vuosina 1975-1987.

Vuosi	Aasuk- kaita	Jätevesi- määrä m ³ /d	BOD ₇ O ₂ kg/d	%	P kg/d	%	N kg/d	%
1975	3200	715	32	80	1,3	82	14,3	56
1976	3500	850	110	51	2,0	85	29,0	37
1977	4000	1160	52	77	1,1	88	29,0	26
1978	4300	1100	63	76	0,7	95	39,0	45
1979	4500	1236	37	89	1,1	92	50,0	41
1980	5000	1146	79	72	1,4	90	51,0	22
1981	5500	1465	5,1	99	1,6	96	60,3	15
1982	5600	1350	6,1	97	0,6	96	31,4	42
1983	5300	1469	16,0	93	1,2	92	45,0	25
1984	5300	1500	17,6	93	0,8	95	51,2	34
1985	5400	1320	28,0	88	1,0	92	48,0	24
1986	5500	1197	26,0	92	0,9	93	37,0	5
1987	5700	1471	21,0	92	0,8	94	50,0	38

1980-luvun puolivälistä kirkonkylän puhdistamolle on toimitettu myös sakokaivo- ym. lietteitä, jotka aikaisemmin kuljetettiin kaatopaikalle. Niiden määrä on vuonna 1987 ollut noin 1 700 m³. Lietteet käsitellään yhdessä puhdistamolietteen kanssa, minkä jälkeen käsitelty liete käytetään maanparannusaineksi. Laitoksen lietteenkäsittelyä on tehostettu vuonna 1986.

Varsinaisia teollisuusjätevesiä puhdistamolle johdetaan nykyään Karhu-Titan Oy:n suksitehtaalta (hioma- ja liimanpesuvedet) sekä Istex Ky:n pesulasta. Suksitehtaan jätevedet ovat varsin kiintoaineepitoisia, kun taas pesulan jätevesissä on runsaasti fosforia (isännöitsijä M. Nevalainen, Kiteen Vesikunta, suull. tiedonanto). Joensuun Ymp. Osuusmeijerin Kiteen toimipisteen samoin kuin muiden teollisuuslaitosten (mm. Martela Oy ja Marimekko Oy) kirkonkylän puhdistamolle johtamat jätevedet ovat lähinnä sosiaalitulojen jätevesiä.

Ongelmia kirkonkylän puhdistamolla ovat aiheuttaneet mm. vuotovedet. Lisäksi Kiteenjärveen upotetussa paineviemärissä on ollut vuotoja talvella 1980-81. Syystalvella 1985 puhdistamolle toimitettiin käsiteltäviksi Plan-Sell Oy:n (nyk. Enso-Gutzeit Oy:n) Kiteen Sahan puhdistamon jätevesilietteitä, mikä aiheutti haittaa kirkonkylän laitoksen toiminnalle ja heikensi puhdistustulosta erityisesti BOD₇:n osalta (vrt. taulukko 2). Vuodesta 1986 sahan lietteitä ei ole käsitelty puhdistamolla.

Kiteenjärveen johdetaan jätevesiä myös PK-Metalli Ky:n pienpuhdistamosta, joka sijaitsee Kiteen taajamassa järven lounaisrannalla (kuva 4). Laitoksen (biologinen suodin) kuormituksesta ei ole saatavissa tietoja.

Kiteen Meijeri Oy:n (Savikon meijeri) jätevedet ovat kuormittaneet Kiteenjärven alapuolella sijaitsevaa Hyypiitä 1960-70 -luvuilla (kuva 4). Itä-Suomen vesioikeuden 19.7.1974 tekemän päätöksen (86/Va/74) mukaisesti jätevedet kerätään nykyisin altaisiin, joista ne sadetetaan kasvukauden aikana läheisille peltoalueille.

4.1.4 O j i t u k s e t , p e r k a u k s e t j a m u u t k u i v a t u s t y ö t

Kiteenjärven valuma-alueella toteutetuista maan- ja metsänparannuskuivatuksista ei ole saatavissa täysin viime vuosikymmeniä kattavia tietoja. Kiteenjoen vesistöalueella, jonka pinta-alasta Kiteenjärven valuma-alue on noin 53 %, vuosina 1900-1972 toteutetut kuivatukset on esitetty taulukossa 3. Maanparannuskuivatuksia on tehty runsaasti 1930-, 1950- ja 1960-luvuilla, metsänparannuskuivatukset sen sijaan ajoittuvat pääasiassa 1960-luvulle (vrt. Vesihallitus 1976). Humalajärven pengerryskuivatus on toteutettu vuosina 1964-1968.

Kiteenjärven valuma-alueella vuosina 1930-1970 suoritettuja kuivatuksia ovat selvittäneet Tuomi ja Kettunen (1974). Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin sekä sen edeltäjien vuosina 1930-1988 valtion rahoituksella Kiteenjärven valuma-alueella toteuttamat kuivatus- ja perkaushankkeet on koottu taulukkoon 4. Valtaosa töistä on suoritettu 1950- ja 1960-luvuilla, ja suurin osa niistä sijoittuu Päätyeenlahden ja Humalajoen ympäristöön (kuva 4). Taulukkoon 4 on koottu myös Keskusmetsälautakunta (ent. Keskusmetsäseura) Tapion Joensuun metsänparannuspiirin (nyk. Pohjois-Karjalan metsälautakunta) hankkeet vuosilta 1930-1970 sekä 1980-1987. Tapion kui-

vatukset sijoittuvat pääasiassa 1960-luvulle (Tuomi ja Kettunen 1974). Valuma-alueella toteutetut ojitukset ovat lisänneet humuksen huuhtoutumista vesistöihin.

Taulukko 3. Maan- ja metsänparannuskuivatukset Kiteenjoen vesistöalueella (Vesihallitus 1976).

Jakso	Maanparannuskuiv.		Metsänparannuskuiv.	
	hyötyalue ha	ojitettu km	hyötyalue ha	ojitettu km
1900-30	540
1931-40	1527	..	120	..
1941-50	347	..	103	..
1951-60	1830	..	900	..
1961-72	1399	..	6813	..
Yhteensä	5644	281	7936	1822

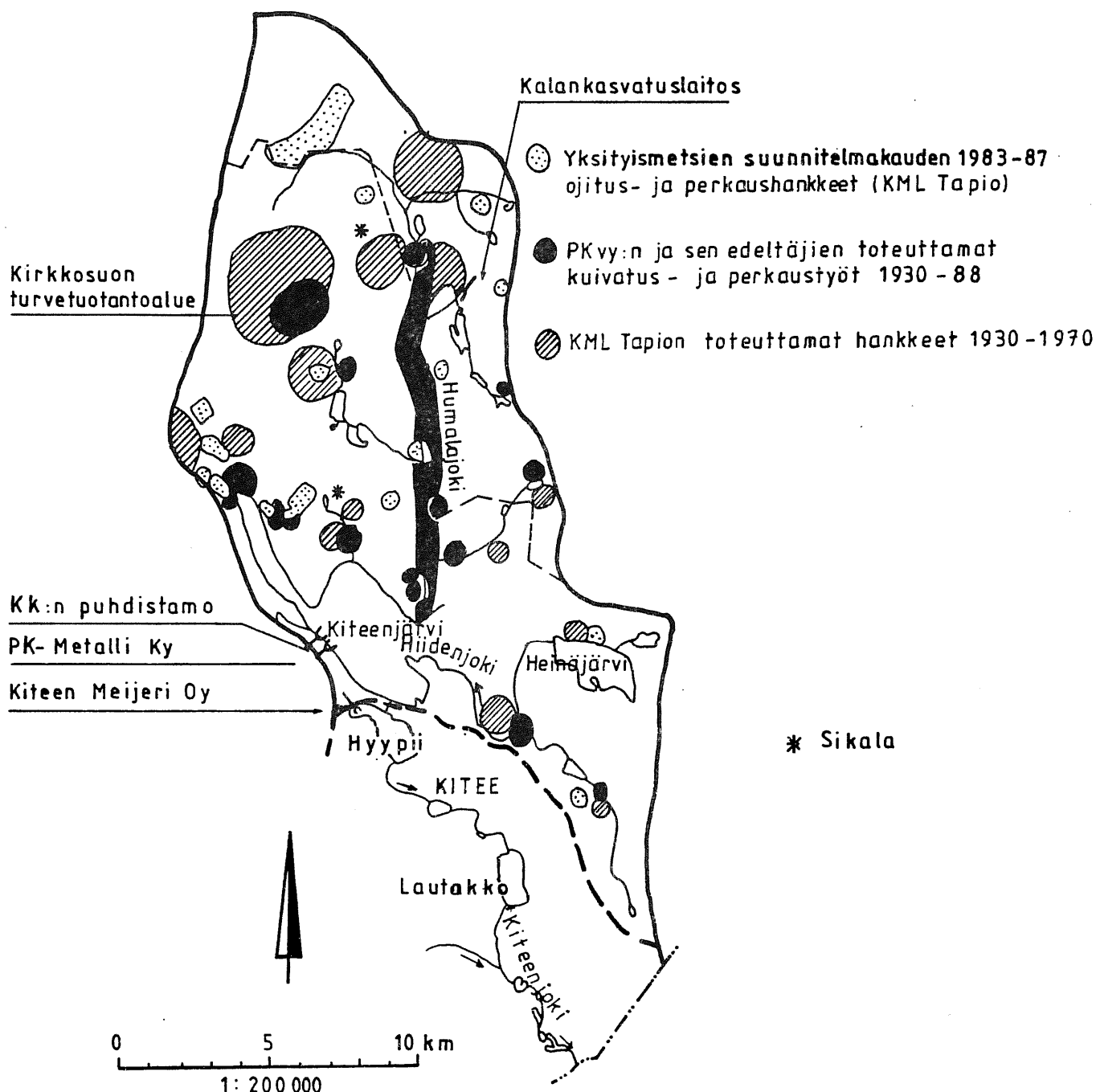
Taulukko 4. Kiteenjärven valuma-alueella toteutetut kuivatus- ja perkaustyöt.

Jakso	Valtio	KML Tapio
	hyötyalue, ha	
1930-49	502	378
1950-59	789	378
1960-69	895	2977
1970-79	-	..
1980-88	216	290 ¹⁾

¹⁾ kauden 1983-87 suunnitelmat

Kiteenjärven valuma-alueella sijaitsee Vapo Oy:n Kirkkosuon turvetuotantoalue, jonka suuruus on 550 ha (kuva 4). Alueen ensimmäisen ojituksen on suorittanut Karjalan maanviljelysinööripiiri jo 1930-luvulla. Turvetuotantoa varten ojitus on toteutettu vuosina 1982-83, ja turpeen nosto on aloitettu vuonna 1987. Sarkaojitettua aluetta on noin 400 ha. Kuivatusvedet purkautuvat eri oja myöten Humalajokeen ja siitä edelleen Kiteenjärkeen. Vuosina 1987-1988 Kirkkosuon turvetuotanto on ollut seuraava:

Vuosi	Tuotannossa ha	Tuotettu m ³
1987	60	5 000
1988	85	20 850



Kuva 4. Kuormittavat tekijät Kiteenjärven valuma-alueella.

4.2 KITEENJÄRVEEN KOHDISTUVA FOSFORIKUORMITUS

Kiteenjärveen eri osavaluma-alueilta kohdistuva fosforikuormitus on arvioitu keskivaluman $10 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ sekä vuosien 1984-87 vedenlaatutulosten perusteella (taulukko 5). Järvisen (1986) mukaan kuiva- ja märkälasseuma Kiteen alueelle tulee fosforia kuukausittain arviolta noin $1,5 \text{ mg/m}^2$, eli järveen tuleva fosforilasseuma on $0,6 \text{ kg/d}$. Kiteenjärveen kohdistuva kokonaiskuorma on näin ollen noin $8,7 \text{ kg/d}$. Kiteenjärvestä poistuu ($MQ \text{ } 2,3 \text{ m}^3/\text{s}$) keskimäärin 6 kg/d fosforia, joten nettosedimentaatio on noin $2,7 \text{ kg/d}$.

Noin puolet ulkoisesta kuormituksesta tulee Humalajoen kautta. Vuosien 1981-1983 havaintojen perusteella Humalajoen pengerrysalueen osuus oli 0,3 kg/d. Humalajoen valuma-alue on pinta-alaltaan suurin Kiteenjärven osavaluma-alueista, ja sillä on myös toteutettu runsaasti ojituksia, perkauksia ja muuta kuormittavaa toimintaa. Humalajoen kautta Kiteenjärveen laskeva vesi onkin selvästi tummempaa ja humuspitoisempaa kuin muilta osavaluma-alueilta virtaava vesi. Veden väriluku on ollut vuosien 1984-87 havaintojen perusteella Humalajoessa (asema 14) 160, Hiidenjoessa (asema 13) 83, Päätyeenlahdessa (asemat 11 ja 12) 105-123 ja Kiteenjärvessä (asema 1) 75 Pt mg/l.

Taulukko 5. Kiteenjärven kokonaisfosforikuormitus.

	virtaama m ³ /s	pitoisuus µg/l	fosforikuorma kg/d
Humalajoki	1,3	39	4,4
Hiidenjoki	0,5	30	1,3
Päätyeenlahti	0,4	34	1,2
Lähivaluma-alue	0,1	36	0,3
Kk:n puhdistamo	0,02		0,9
Laskeuma			0,6
Yhteensä			8,7

Kirkonkylän jätevedenpuhdistamon osuus järveen tulevas-
ta kokonaiskuormituksesta on ollut viime vuosina keski-
määrin 10 %. Uuden jälkisaostuslaitoksen ansiosta kuor-
mitus on selvästi vähentynyt, sillä 1970-luvun alussa
tehtyjen laskelmien mukaan puhdistamon fosforikuormitus
oli 20-29 % Kiteenjärven kokonaiskuormituksesta (Väyrynen
1972, Ahtiainen 1976). Puhdistamon jätevesien merkitys
korostuu sikäli, että jätevedet purkautuvat tilavuudel-
taan pienen syvänteän reunalle.

1970-luvun alkupuolella Kiteenjärven fosforikuormitukseksi on laskettu 12,7 kg/d (Väyrynen 1972) ja 11,4 kg/d (Ahtiainen 1976). Nykyisellään kuormitus näyttää siis jonkin verran laskeneen, mikä onkin totta ainakin jätevesikuormituksen osalta.

4.3 KITEENJÄRVEN KUNNOSTUS

4.3.1 H i s t o r i a a

Kiteenjärvi on ollut pahoin rehevöitynyt jo 1960-luvulla, jolloin alueen viemäröidyt jätevedet johdettiin käsittelemättöminä suoraan järveen. Järven alusveden muodostaa altaan pinta-alaan verrattuna pieni syväne, jonka vesimassa pelkistyi kevättalvisin hapettomaksi. Veden laatu oli heikoimmillaan ennen jäiden lähtöä, jolloin

hapeton vesikerros saattoi ulottua pohjasta jopa 3 metrin syvyyteen asti. Pelkistyneissä oloissa pohjalietteestä vapautui runsaasti fosforia, rautaa ja typpeä (nk. sisäinen kuormitus), samalla kun vesikerrokseen muodostui myrkyllistä rikkivetyä.

Rehevöityneen Kiteenjärven talvisten happikatojen ehkäisemiseksi on tehty useita ilmastuskokeiluja jo 1970-luvulla. Vesihallinnossa on tuolloin kartoitettu myös eri kunnostusvaihtoehtoja (mm. Väyrynen 1970, Liimatta 1971, Kaarakka 1972, Seppänen 1973). Järven saneeraamiseksi on esitetty pääasiassa alivedenkorkeuden nostoa (n. 50 cm) ja alusveden ilmastusta.

Kiteenjärven kunnostuksen yhteydessä on pohdittu myös Päätyeenlahden tulevaisuutta. Vaihtoehdot ovat olleet: 1) kunnostus vedenkorkeutta nostamalla ja 2) lahden täydellinen kuivaaminen pumppaamalla (Liimatta 1971).

1970-luvulla on myös selvitetty mahdollisuuksia johtaa puhdistamon jätevedet läheiselle suolle sekä tutkittu puhdistamon purkuputken jatkamisen vaikutusta jätevesien leviämiseen sekä Kiteenjärven ja Hyypiin tilaan. Insinööri-toimisto Oy Väylän (1979) selvityksen mukaan järven tilaa ei voida olennaisesti parantaa jatkamalla purkuputkea lähelle Kiteenjärven luusuaa.

Ensimmäiset yritykset hapettaa syvänteen vettä tehtiin Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimiston ja vesihallituksen toimesta tammikuussa 1971, jolloin alusvedestä pumpattiin hapetonta vettä jäälle. Kokeilu jouduttiin kuitenkin lopettamaan pumpun rikkoutumisen vuoksi. Seuraava hapetuskoe tehtiin helmi-maaliskuussa 1974 Pauli Isterin kehittämällä kaasunliuottimella (Seppänen 1974). Laitteessa ilmenneiden toimintahäiriöiden vuoksi edellytettyä hapetustasoa (koko vesimassan happipitoisuus yli 1 mg/l) ei saavutettu. Koetta jatkettiin seuraavana vuonna. Runsaan kahden kuukauden hapetuksen ansiosta pohjaliete pysyi hapellisena, mutta pohjan läheisen veden happipitoisuus ei noussut yli 0,1 mg/l. Sekä talvella 1974 että 1975 kokeissa käytettiin ilman lisäksi myös puhdasta happea. Veteen johdetun hapen määrä oli 7500-8000 kg. Koe toistettiin pelkällä ilmalla tammi-huhtikuussa 1976, jolloin tulokset olivat samansuuntaiset kuin edellisenä vuonna. Alimmat vesikerrokset pysyivät hapellisina, eikä ravinteita liuennut veteen.

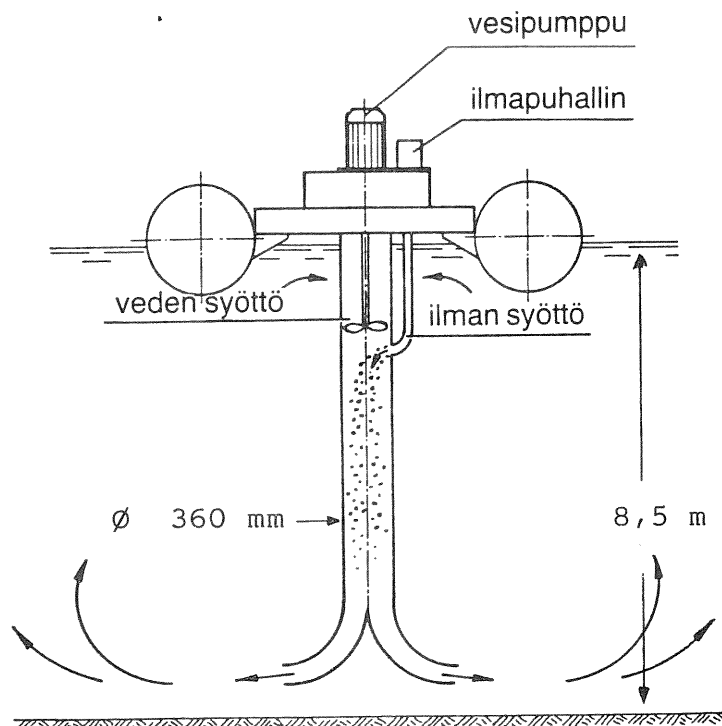
Kiteenjärven hapetuskokeet olivat ensimmäisiä pääosin valtion rahoituksella toteutettuja hankkeita, joskin myös Kiteen kunta osallistui kustannuksiin. Niiden tarkoituksena oli selvittää käytetyn laitteiston sopivuutta suurien vesimassojen hapetukseen (Seppänen 1975). Kokeilut toteutettiin yhteistyössä vesihallituksen, Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimiston ja Kiteen kunnan kanssa. Hapetusjaksot olivat lyhytaikaisia, eikä niillä ollut pysyvää vaikutusta syvänteen tilaan (kuva 6 a-e, s. 20). Vuosina 1978-1980 syvänteen vesi oli kevättalvisin jälleen täysin hapetonta pohjasta 5-7 metrin syvyyteen asti, ja 3 metriin saakka vedessä oli happea alle 1 mg/l.

4.3.2 Kiteenjärven ilmastus vuosina 1981 - 1988

Kiteenjärven syvänteiden talvisen happitilanteen parantamiseksi pysyvästi Kiteen kunta hankki syksyllä 1980 oman Hydixor-ilmastimen. Hydixor-menetelmässä alusvesi johdetaan putkella pintaan, jossa siihen syötetään pieniä ilmakuplia. Veden ja ilmakuplien seos pumpataan takaisin syvänteeseen (Plan-Sell Oy 1983). Valmistajan tietojen mukaan ko. laitteella (teho 15 kW) pystytään liuottamaan talvella veteen 1500 kg happea vuorokaudessa johdtaessa vesi 25 metrin syvyyteen.

Jatkuvien toimintahäiriöiden sekä heikon hapetustuloksen vuoksi Hydixor-ilmastimen käyttöaika jäi varsin lyhyeksi. Kunta vaihtoi laitteen uuteen Planox-ilmastimeen vuoden 1985 alussa. Planox-menetelmässä päällysveden ja ilman sekoitusta johdetaan alusveteen (kuva 5). Kiteenjärvellä käytetyn laitteiston vesipumpun teho on 4,0 kW ja ilmanpuhaltimen 1,5 kW. Veden ja ilman sekoitus johdetaan putkea pitkin 8,5 metrin syvyyteen. Ilmastimen hapensiirtokyky on noin 250 kg happea ja pumpattu vesimäärä noin 16 000 m³ vuorokaudessa (Plan-Sell Oy 1984). Laitteisto on ollut toiminnassa Kiteenjärven syvänteessä lyhytaikaisia katkoksia lukuun ottamatta helmikuusta 1985.

planox[®] ponttoniyksikkö



Kuva 5. Kiteenjärven syvänteiden hapetuksessa käytettävä laitteisto (Plan-Sell Oy 1984).

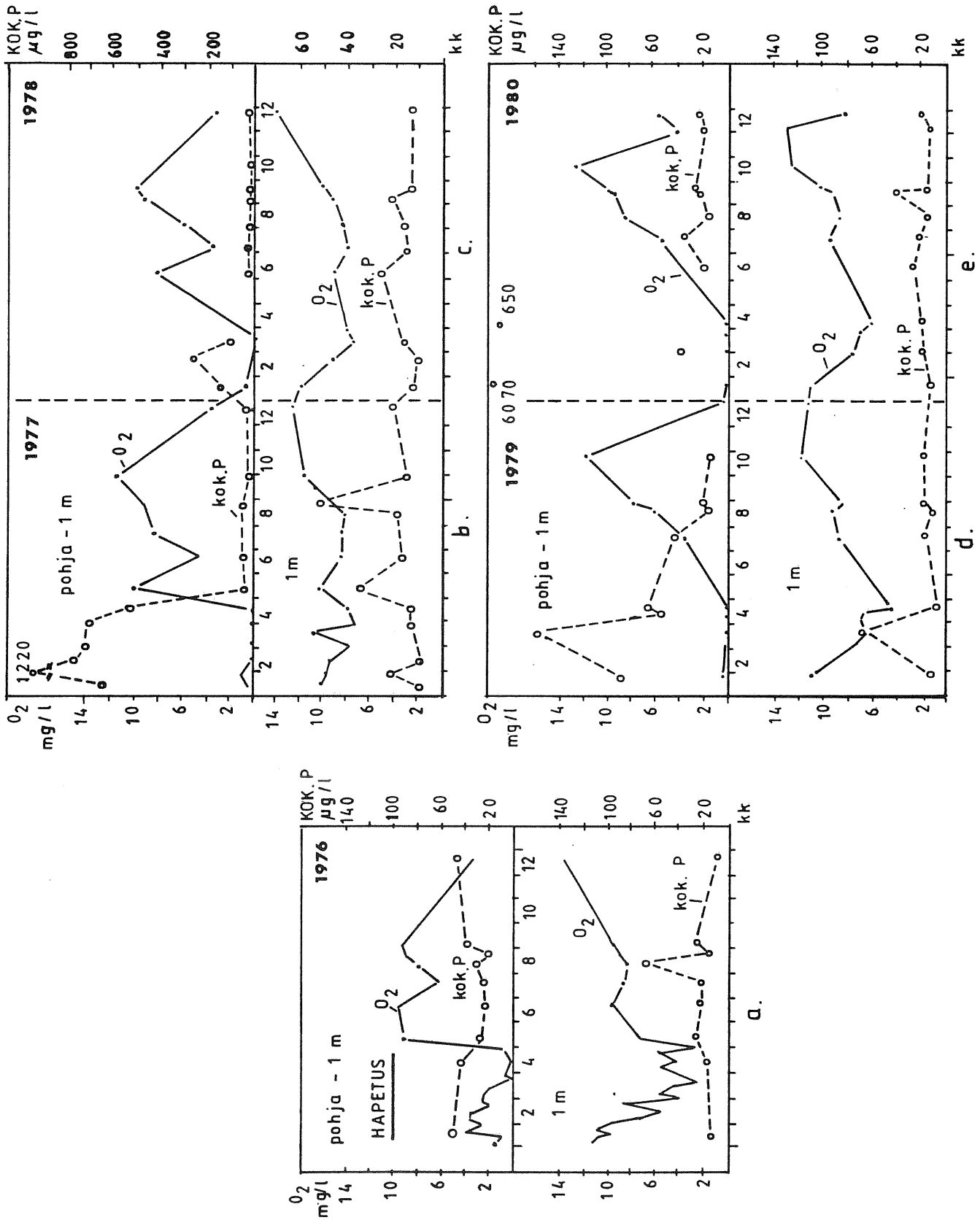
4.3.3 Ilmastuksen vaikutus syvänteeseen veden laatuun

Kuvassa 6 a-m on esitetty syvänteeseen lämpötila sekä happi- ja kokonaisfosforipitoisuus päällyksivedessä (1 m) ja pohjan läheisessä vesikerroksessa (metri pohjasta, 2h-1 m) vuosina 1976-1988. Verrattaessa vuosia 1976 ja 1977-80 talven 1976 hapetuskokeen vaikutus näkyy selvästi pohjan läheisen veden happi- ja kokonaisfosforipitoisuuksissa. Tammi-helmikuussa 1977, jolloin ilmastusta ei suoritettu, miltei hapettomasta vesikerroksesta mitattiin sen sijaan yli 1 mg/l ylittäviä kokonaisfosforipitoisuuksia.

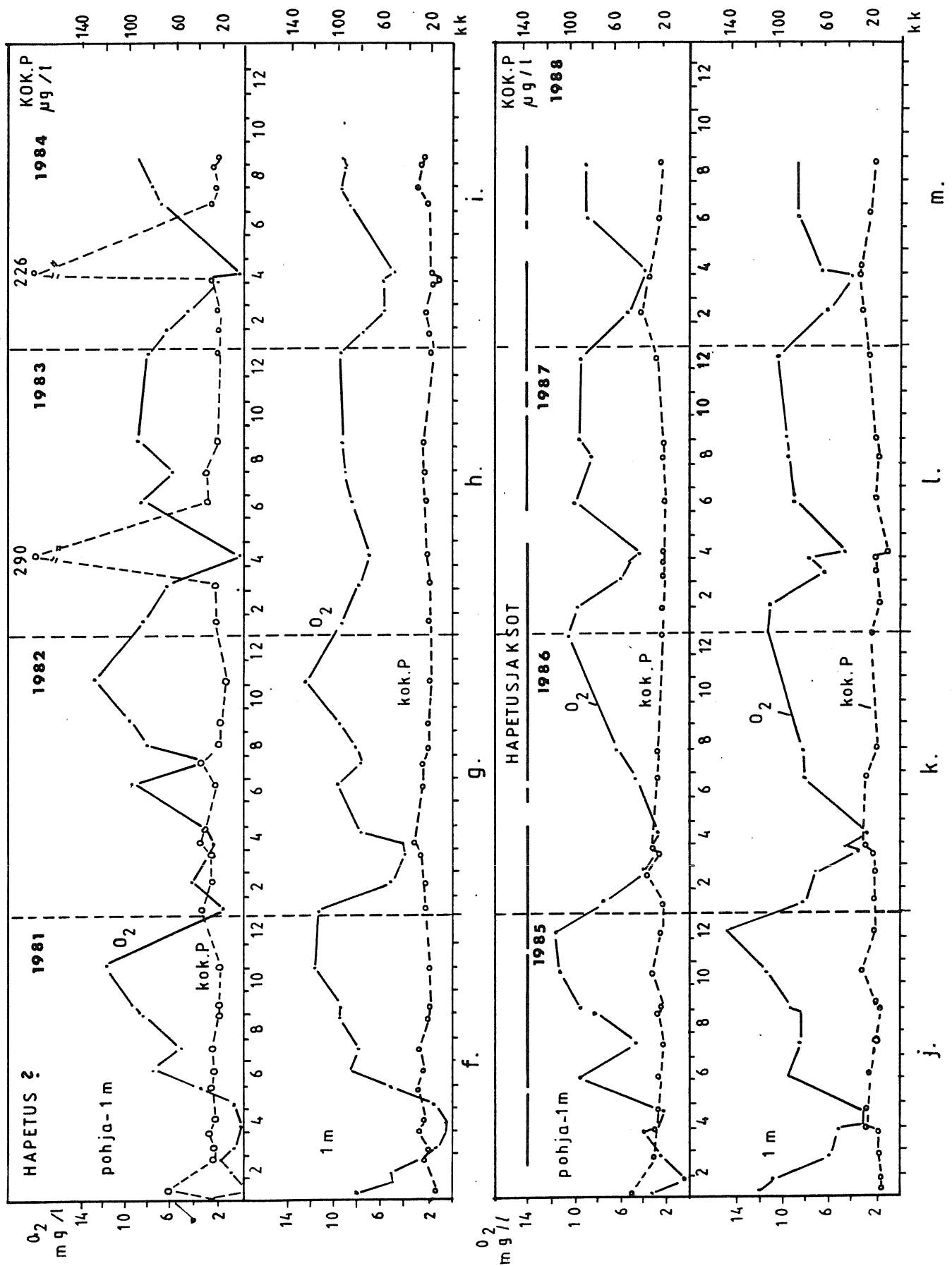
Vuosina 1981-1984 ilmastuksen vaikutukset ovat nähtävissä ajoittain. Koska Hydixor-hapettimen tarkkoja toimivuustietoja ei ole saatavissa, johtopäätösten teko on vaikeaa. Kunnasta saatujen tietojen mukaan laitteessa esiintyi toimintahäiriöitä, mikä luonnollisesti on heikentänyt hapetustulosta. Velvoitetarkkailuraporttien mukaan jakson 1981-84 aikana ilmastus on onnistunut parhaiten talvella 1982. Vuotta 1982 lukuun ottamatta pohjan läheisen veden happipitoisuus onkin kevättalvisin laskenut hyvin alhaiseksi. Tällöin myös kokonaisfosforipitoisuus on kohonnut (kuva 6 f-i).

Planox-laitteisto on ollut toiminnassa lyhytaikaisia katkoksia lukuun ottamatta helmikuusta 1985. Vaikutukset ovat selvästi nähtävissä sekä alusveden happi- ja kokonaisfosforipitoisuuksissa että sedimentissä (kohta 4.4). Kevättalvinen happipitoisuus on pohjassakin ollut yli 2 mg/l ja kokonaisfosforipitoisuus 20-40 µg/l (kuva 6 j-m).

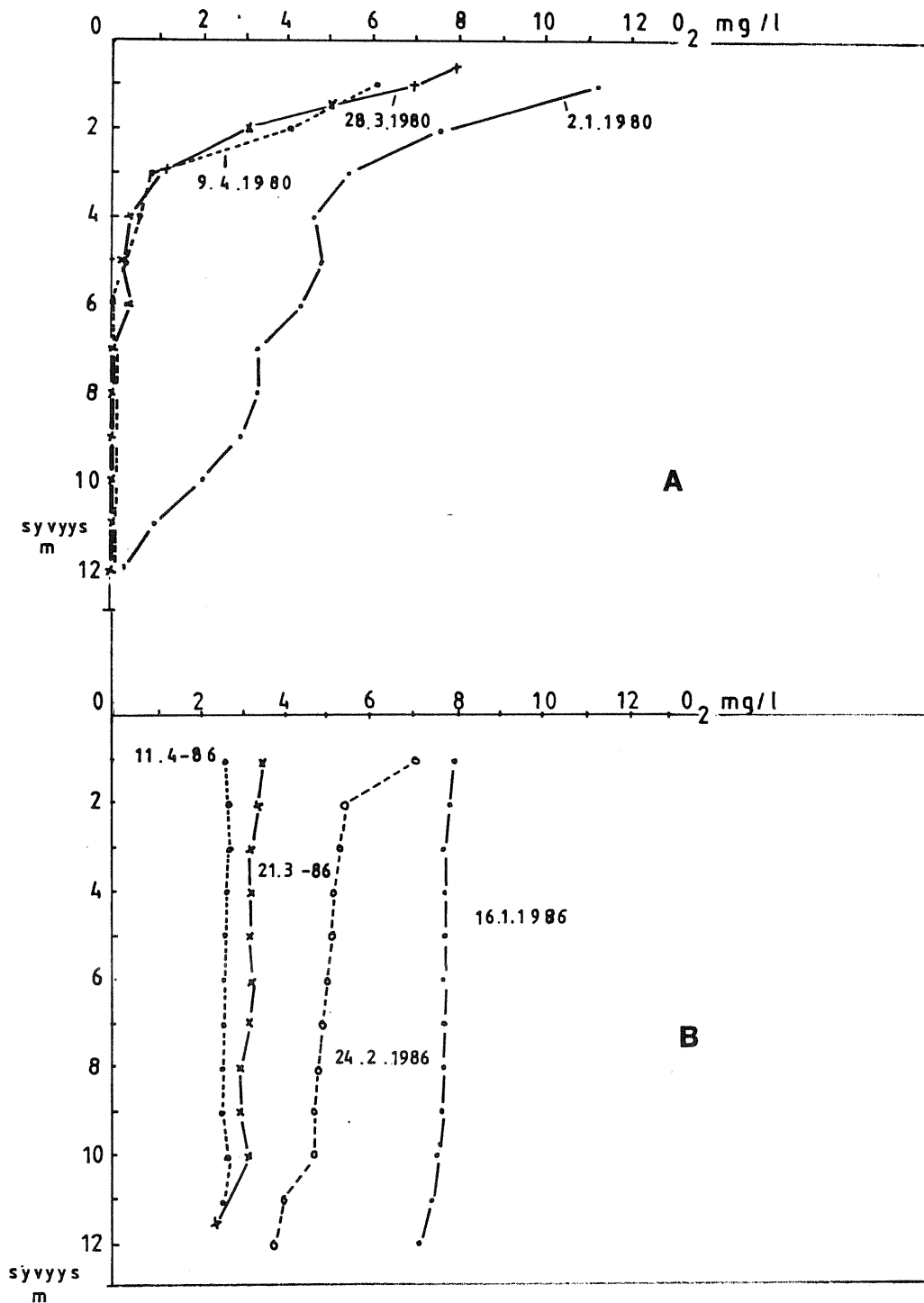
Happitilanteen kehittyminen syvänteessä kevättalvella 1980 (ei ilmastusta) ja 1986 (ilmastus käynnissä) on esitetty kuvassa 7. Ilmastin sekoittaa vesimassan pinnasta pohjaan, ja happea on ollut kevättalvella 1986 kaikissa vesikerroksissa lähes yhtä paljon. Sedimentin hapenkulutuskkyky on edelleen suuri, koska jatkuvasta ilmastuksesta huolimatta vesimassan happipitoisuus pienenee jääpeitteisenä aikana ollen alhaisimmillaan juuri ennen jäiden lähtöä. Kevättalvella 1986 happipitoisuus oli koko vesimassassa (asema 1) vain 2,6-2,7 mg/l, vuonna 1987 4,0-4,5 mg/l ja vuonna 1988 3,5-3,8 mg/l. Happea kuluttavaa kuormitusta tulee syvänteeseen alueelle myös puhdistamolta ja Päätyeenlahdesta, jonka vesi on talviaikana usein hapetonta. Alivirtaamakausi (tammi-maaliskuu, arvioitu MNQ 0,1 m³/s) Päätyeenlahdesta virtaa Kiteenjärveen pahimmassa tapauksessa arviolta 780 000 m³ hapetonta vettä, jonka hapettaminen 5 mg/l happipitoisuuteen kuluttaa vähintään 3900 kg happea (oletetaan, että BOD₇ ja VHK ovat merkityksettömiä). Puhdistamolta purkautuvan jäteveden biologinen hapen tarve on vastaavana aikana 1900 kg.



Kuva 6 a-e. Happi- ja kokonaisfosforipitoisuus Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1976-1980.



Kuva 6 f-m. Happi- ja kokonaisfosforipitoisuus Kiteenjärven syvänteessä (asema 1) vuosina 1981-1988.



Kuva 7. Happitilanteen kehittyminen syvänteessä kevättalvella 1980 (a) ja 1986 (b).

Seppäsen (1973) laatiman Kiteenjärven kunnostusta koskevan selvityksen mukaan järven pääongelmana on ollut kevättalvisen happikatastrofin uhka. Syvänteessä ollessa hapeton pohjasta 3 metrin syvyyteen asti on pelkistyneen vesimassan tilavuus koko järven tilavuuteen verrattuna pieni (14 %) ja pinta-alakin vain 12 % järven pinta-alasta. Syvyysvyöhykkeen 2-3 m tilavuus on noin 9 %

kokonaistilavuudesta, mutta sen kattama pinta-ala on miltei puolet järven kokonaispinta-alasta (Päätyeenlahti poisluettuna). Seppäsen (1973) mukaan tämän 2-3 metrin vesikerroksen pelkistymisen riski on ollut huomattava. Pelkistyvän pohjapinta-alan moninkertaistuessa vaikutukset saattaisivat olla kohtalokkaat Kiteenjärven tilalle. Seppäsen (1973, 1974) näkemyksen mukaan Kiteenjärven kunnostuksen päätavoitteena tulee olla se, että hapettoman vesikerroksen yläraja estetään nousemasta 3 metrin syvyyskäyrän yläpuolelle. Vuonna 1981 aloitetun syvänteen ilmastuksen ansiosta em. tavoite on saavutettu ja myös ylitetty: koko syvänteen vesimassa on pysynyt talvikerrosteisuuskausien ajan hapellisena eikä ravinteita ole vapautunut pohjalietteestä.

4.3.4 K e s ä a i k a i n e n i l m a s t u s

Väyrysen (1970, 1972) selvitysten mukaan kesäaikainen happitilanne on ollut 1960-luvulla normaalivuosina suhteellisen hyvä. Syvänteen sijaitsee keskellä selkää, ja sen suunta on sama kuin vallitsevan tuulen suunta. Kun lisäksi syvänteen koko on pieni verrattuna koko järven tilavuuteen, altaan kerrostuneisuus häiriintyy herkästi. Näistä syistä jo heikotkin tuulet sekoittavat syvänteen vesimassan pinnasta pohjaan, ja kerrostumisjaksot ovat lyhyitä. Lämpimänä ja tyynenä kesänä (esim. 1963) järvi voi kuitenkin kerrostua jyrkästikin.

Vuosina 1976-1980, ennen ilmastuksen alkamista, kesäaikana ei ole todettu pohjan läheisen veden hapettomuutta (kuva 6 a-e). Alhaisimmillaan happipitoisuus on ollut 3,5 mg/l heinäkuussa 1978 ja 1979, jolloin jälkimmäisenä vuonna alusvedessä oli havaittavissa myös lievää kokonaisfosforipitoisuuden nousua. Heinäkuussa 1973 sen sijaan veden happipitoisuus oli syvänteen pohjassa vain 1 mg/l, ja myös lämpötilakerrostuneisuus oli selvästi havaittavissa.

Ilmastuksen aikana vuosina 1981-1988 pohjan läheisen vesikerroksen happipitoisuus on laskenut ilmastuksesta huolimatta heinäkuussa 1982 ja 1985 3,0-4,6 mg:aan litrassa. Syynä hapen vajaukseen saattavat olla ilmastimen riittämätön teho ja/tai katkokset laitteen toiminnassa, mutta myös pohjalietteen happea kuluttava vaikutus. Orgaanisen aineksen hajoaminen sedimentissä on kesäisissä lämpötiloissa (alusvedessä jopa +20 °C) varsin nopeaa.

Saatavissa olevien tulosten valossa kesäaikainen hapetus ei näytä välttämättömältä. Se tosin varmistaa syvänteen vesimassan jatkuvan täyskierron, mutta Kiteenjärven tuulille alttiissa syvänteessä kerrostumisherkyys on luontaisestikin heikko. Niin pitkät kerrostuneisuusjaksot, että alusveden happi kuluu loppuun ja syvänteen pohjasta alkaa vapautua ravinteita, ovat kesäaikana epätodennäköisiä mutta kuitenkin joskus mahdollisia.

4.4 SEDIMENTTITUTKIMUS

4.4.1 T a u s t a

Kiteenjärven sedimenttitutkimuksen tarkoituksena on selvittää ilmastuksen tuloksellisuutta, ravinteiden liikkeitä ja vertailla järven eri osia toisiinsa.

Vuorisen (1977) mukaan Kiteenjärven sedimentti on varsin minerogeenista myös vanhemmissa kerrostumissa, joten valuma-alueelta huuhtoutunut kiintoaine on kautta aikojen kasvattanut järven kerrostumisnopeuksia. 1780-luvulla tapahtuneen järven laskun jättämien jälkien perusteella Vuorinen (1977) sai keskimääräiseksi kerrostumisnopeudeksi noin 8 mm vuodessa. Vuoriselta saatujen alkuperäisten analyysitulosten mukaan Kiteenjärven syvänteen A raskasmetallimäärät näyttävät kääntyvän nousuun noin 150 cm:n syvyydestä. Jos tämän nousun alku ajoittuu 1800-luvun lopulle (Verta ym. 1988), syvänteen keskimääräinen kerrostumisnopeus on sedimenttisyvyydellä 150 cm - sedimentin pinta lähes 1,5 cm vuodessa. Näin nopea kerrostumisnopeus saattaa selittyä paitsi valuma-alueen laadulla ja maankäytöllä myös matalien eroosioalueiden suurella osuudella/syvänteen suppeudella.

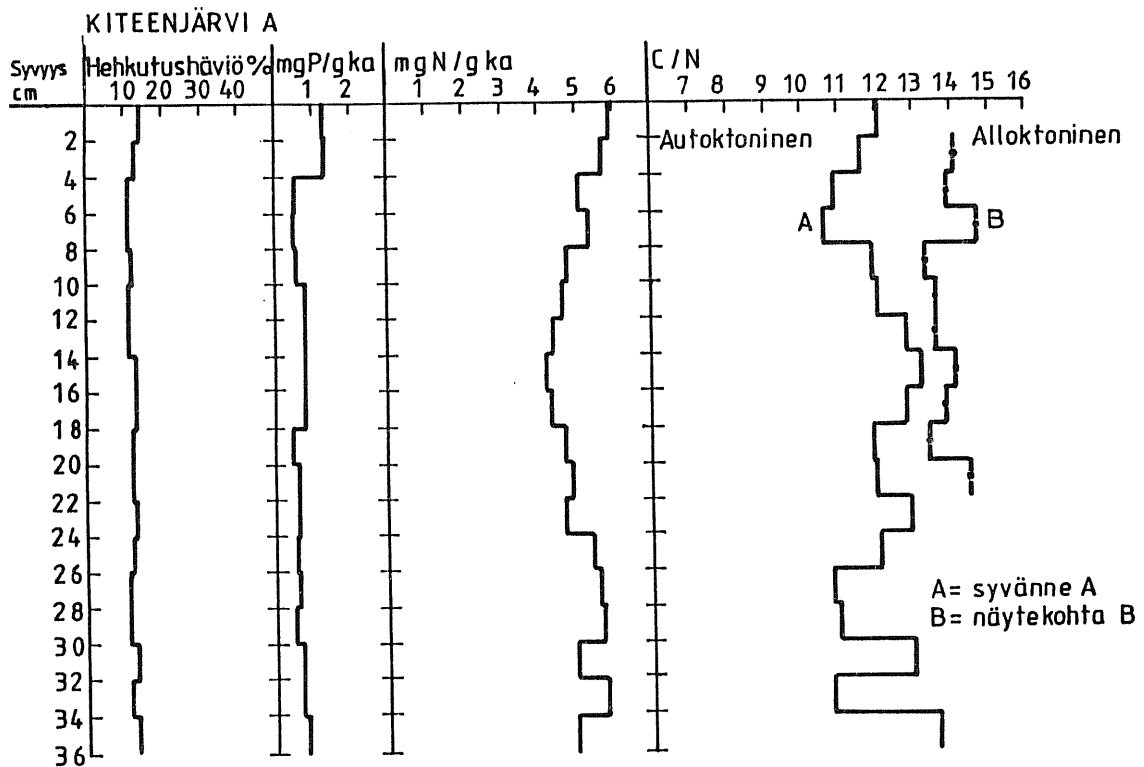
Vuorisen (1977) sedimenttitutkimusten mukaan Kiteenjärven syvänteen happitilanne on ollut varsin heikko jo ennen ihmisen aiheuttamia muutoksia järviekosysteemissä.

4.4.2 S y v ä n t e e n p o h j a k e r r o s t u m i e n o m i n a i s u u d e t

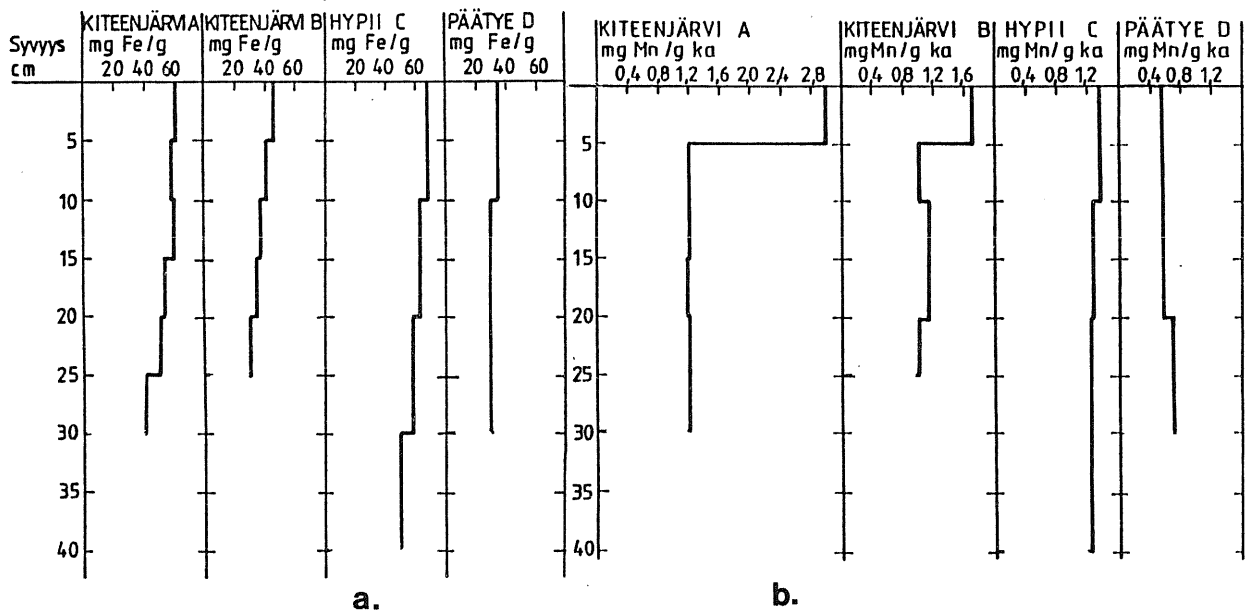
Kuvassa 8 on esitetty Kiteenjärven syvänteestä A maaliskuun lopussa 1988 saatuja tuloksia. Valuma-alueen luonteesta ja maankäytöstä johtuen eloperäisen aineen osuus (hehkutushäviö) on varsin alhainen: keskimäärin noin 11 - 12 %. Neljän ylimmän cm:n alueella tapahtuva nousu on järvien sedimenteissä tyypillinen ja johtuu hajoamisen (mineralisoitumisen) jatkumisesta pohjalietteessä.

Fosforipitoisuudet ovat syvänteen sedimentissä matalia. Pitoisuuksien nousu pintasedimentissä johtuu erityisesti sedimentin ylimmän osan hapettuneisuudesta mutta myös keskeneräisestä mineralisoitumisesta. Kuvissa 9a ja 9b on esitetty rauta- ja mangaanipitoisuuksien vaihtelut viiden senttimetrin välein. Raudan ja fosforin muutokset ovat keskenään samansuuntaiset. Herkemmin happitilanteen mukaan liukenevan mangaanin nousu ylimmän viiden senttimetrin alueella on voimakas.

Kiteenjärven sedimentin rautapitoisuudet ovat korkeat, syvänteessä noin 40-kertaiset fosforiin verrattuna (kuva 9a). Williamsin ym. (1976) mukaan jo 7-kertainen määrä riittäisi sitomaan fosforin hapellisissa oloissa.



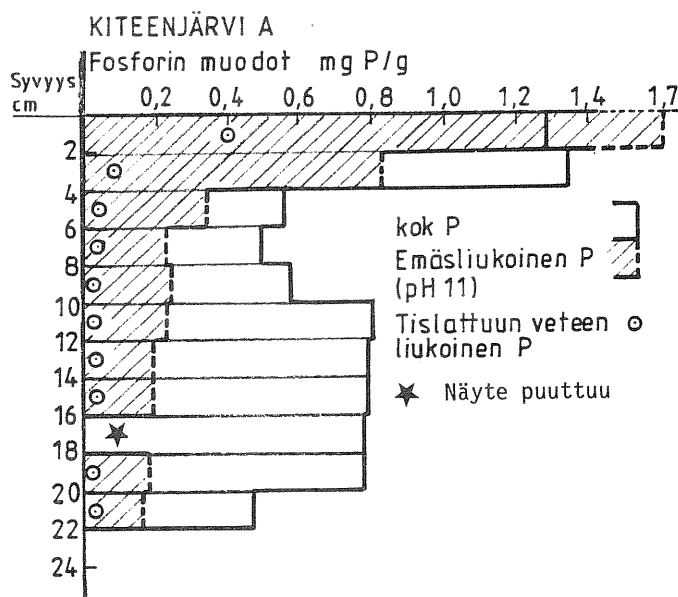
Kuva 8. Sedimentin hehkutushäviö (%), kokonaisravinteet (mg/g kuiva-ainetta) sekä hiili-typisuhteet asemalla A.



Kuva 9. Sedimentin a) rauta- ja b) mangaanipitoisuus (mg/g kuiva-ainetta) eri havaintoasemilla.

Kuvassa 10 on esitetty syvänteeseen (A) sedimentin kokonaisfosforin määrät eri syvyyksissä ja uuttokokeiden tulokset. Emäsliukoisen fosforin määrää käytetään yleisesti hapettomissa oloissa vapautuvan fosforin mittana (mm. Messer ym. 1984).

Emäслиukoisen fosforin osuus kokonaisfosforin määrästä on syvänteeseen A sedimentin pinnassa huomattavan suuri. Nousu alkaa 12 cm:stä; 6 - 8 cm:ssä emäслиukoista fosforia on jo 50 %. Ylimmän kahden senttimetrin kokonaisfosforin arvon on oltava virheellinen, koska liukoisen fosforin määrä ylittää kokonaisfosforin. Joka tapauksessa herkkäliukoisen fosforin osuus sedimentin pinnassa on suuri.



Kuva 10. Kokonaisfosforin pitoisuus syvänteessä A sekä liukoisen fosforin osuus (mg/g ka).

Syvänteestä (yli 5 m) hapettomissa oloissa vapautuvan fosforin määrä on karkeasti arvioitavissa. Sedimentin ylimmän 4 cm:n kerroksen alapuolella emäслиukoisen fosforin osuus laskee noin puoleen pintakerroksen arvosta, jolloin erotuksen voidaan olettaa edustavan erityisen helposti sedimentistä liukenevaa fosforia. Tämän pinta-kerroksesta vapautuvan emäслиukoisen fosforin määrä oli kokeissa luokkaa 2 g/m². Näin syvänteeseen alueelta (pinta-ala noin 0,7 km²) vapautuisi hapettomissa oloissa arviolta 1 400 kg fosforia.

Fosforin vapautumisnopeudet vaihtelevat suuresti sedimentin laadusta ja käytetystä mittausten menetelmästä riippuen. Keskimääräinen vaihteluväli saattaisi olla noin 10 - 30 mg P/m² vrk (Nürnberg 1988, taulukko 6), jolloin Kiteenjärven syvänteestä vapautuisi fosforia sopivissa oloissa noin 7 - 21 kg/vrk.

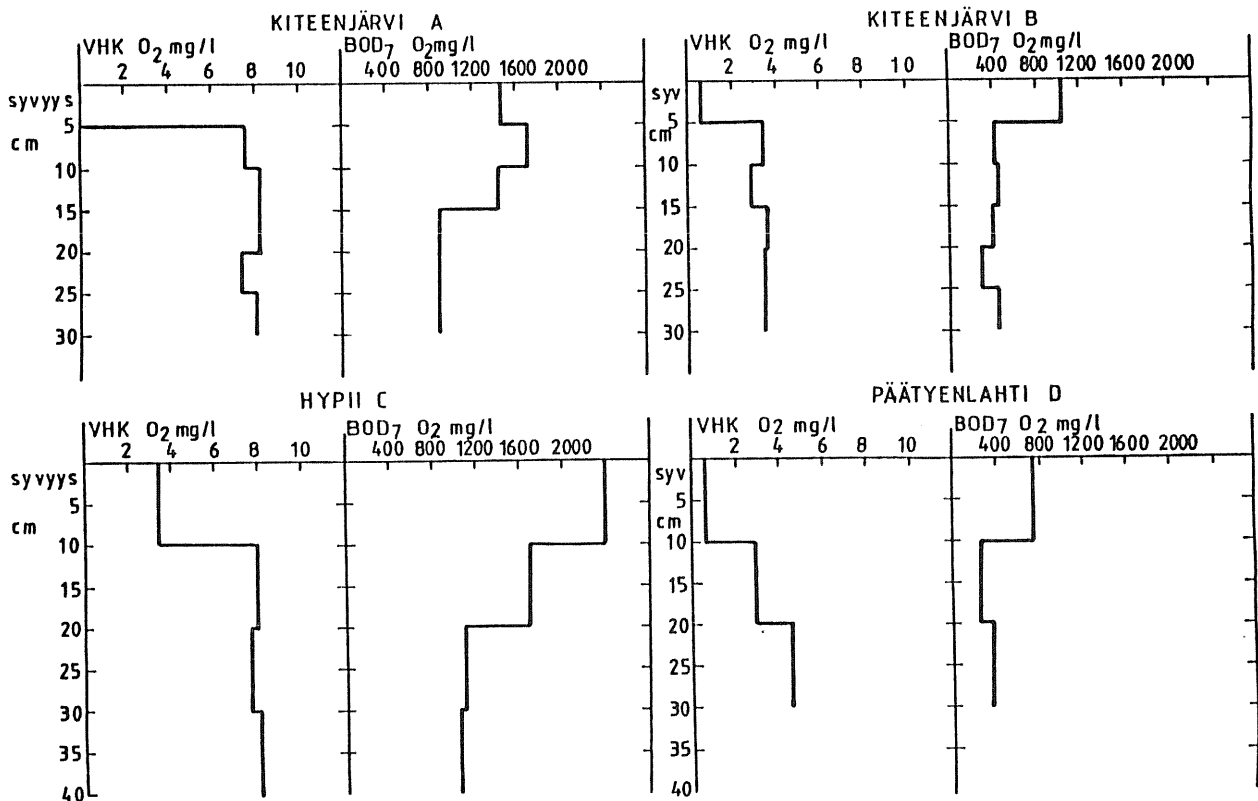
4.4.3 Pohjakerrostumat järven eriosissa

Yli 5 m:n syvyysalue vastaa vain noin 5 % järven koko pinta-alasta. Syvänteessä emäслиukoisen fosforin osuus on suuri, mutta muualla (näytteenottopaikat B ja C) emäслиukoista fosforia on 10 - 30 % kokonaisfosforin määrästä. Määrä nousee hitaasti pintaan. Lähtötasoon

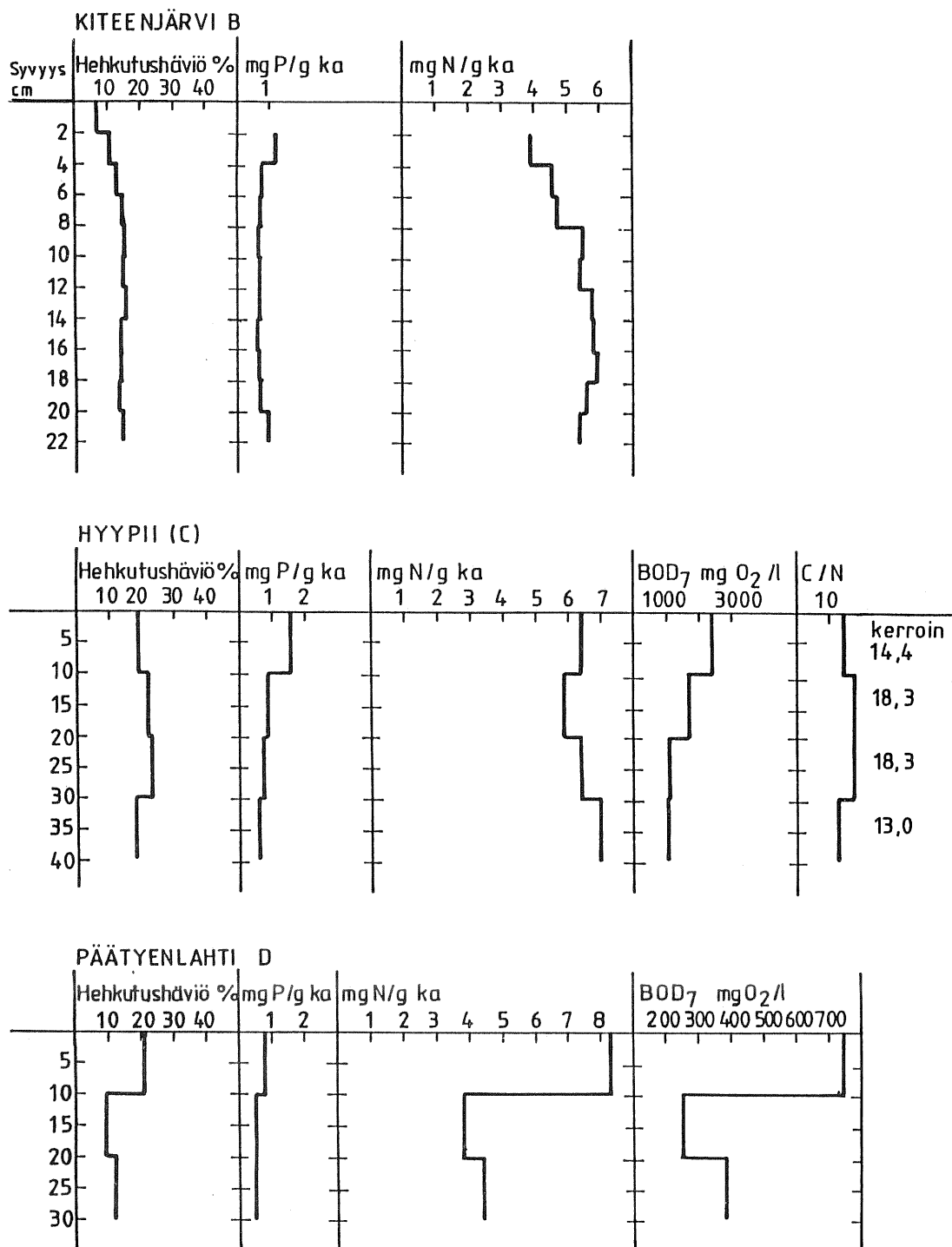
verrattuna lisäys on Kiteenjärven havaintopaikalla B ja Hyypiinlahdella C noin 2 g P/m^3 . Päätyeenlahdessa (D) sen sijaan liukoisen fosforin määrä laskee sedimentin pintaan: sedimentin merkitys fosforivarastona on pienentynyt, ja sen fosforin pidätyskyky on häiriintynyt. On kuitenkin muistettava, että fosfori liikkuu herkästi sedimentissä ylöspäin (Carignan ja Flett 1981), mikä saattaa mahdollistaa syvemmällä sedimentissä olevan liukoisen fosforin pääsyn vesifaasiin.

Kuvassa 8 on esitetty valuma-alueelta järveen tulevan (alloktonisen) ja järvessä syntyvän (autoktonisen) eloperäisen aineen suhdetta kuvaavia hiili/typpi-arvoja (vrt. Hansen 1961). Järven oman eloperäisen aineen (s.o. perustuotannossa syntyvän) osuus näyttää olevan syvänteessä näytteenottopaikalla A korkeimmillaan. Keskimäärin samaa luokkaa on Päätyeenlahden hiili/typpi-suhde (C/N). Laajaa pohja-aluetta edustavan näytteenottopaikan B sedimentti sisältää edellisiä enemmän valuma-alueelta peräisin olevaa orgaanista ainetta.

Kuvassa 11 on esitetty välittömän hapenkulutuksen (VHK) ja biologisen hapentarpeen (BOD_7) tuloksia. Syvänteessä A näyttää vallinneen hapekkain tilanne (ilmastus); 0-5 cm:n kerroksen välitön hapenkulutus on 0. BOD -arvot ovat nousussa ylimmän 15 cm:n alueella, mikä tukee C/N-suhteen antamaa käsitystä järvessä syntyvän eloperäisen aineksen osuuden kasvusta. Biologisen hapenkulutuksen arvojen lasku syvänteen A pintanäytteessä runsaalla 10 %:lla saattaa heijastaa ilmastamisen mineralisoivaa vaikutusta.



Kuva 11. Sedimentin BOD_7 - ja VHK-arvot eri havaintopaikoilla.



Kuva 12. Sedimentin hehkutushäviö (%), kokonaisravinteet (mg/g kuiva-ainetta) sekä hiili/typpi-suhteet asemilla Kiteenjärvi B, Hyypii C ja Päätteenlahti D.

Hiili/typpi-arvojen muutokset näytteenottopaikoilla A ja B ovat sedimenttisyvyydellä 8-20 cm yllättävän samansuuntaisia; saattaa olla, että kerrostumisnopeudet ovat näytesarjoissa samaa suuruusluokkaa (kuva 8). Muutos pinnempana sedimentissä, 8 cm:ssä on voimakas. Typen määrät kääntyvät syvänteessä A selvään nousuun ja näytteenottopaikalla B laskuun. Myös hehkutushäviöarvojen

kehitys on sedimentin pinnassa ristikkäinen (kuvat 8 ja 12). Minerogeenisen aineen osuuden kasvu näytteenotto-paikalla B kuvastanee eroosion lisääntymistä. Hyypiillä (C) on havaittavissa samantapainen kehitys, kun taas Päätyeenlahdella (D) orgaanisen, eloperäisen aineen osuus kasvaa voimakkaasti ylimmän kymmenen senttimetrin alueella (kuva 12).

Näytteenottopaikkojen Kiteenjärvi B ja Hyypiinjärvi C tulosten yksityiskohtainen vertailu ei ole tätä aineistoa käyttäen mahdollista eikä järkevääkään, koska näytteenotto-tyydytykset poikkeavat toisistaan. Näyttää kuitenkin sil-tä, että Potoskanlahden, Kiteenlahden ja Hyypiin pohja-alueille kerrostuu paljon valuma-alueelta peräisin olevaa epäorgaanista eroosiomateriaalia. Päätyeenlahti on um-peenkasvava erillinen alue, jonka orgaaninen aine lienee suurelta osalta paikallisesta kasvillisuudesta peräisin. Myös syväne A jää poikkeavaksi erilliseksi alueeksi, jolla kuitenkin on sisältämänsä liukoisen fosforin takia merkitystä.

4.5 PÄÄTYEENLAHTI

Jo 1970-luvun alkupuolella on todettu, että matala Pääty-keenlahti on pahoin umpeenkasvanut. Yläpuolisella valuma-alueella on toteutettu useita kuivatuksia (kuva 4), joi-den seurauksena lahteen on ajautunut runsaasti liejua. Vesisyvyys on alle 1 metrin. Vesimassa on jääpeitteisenä aikana yleensä hapeton. Kevättalvella 1987 lahten poh-joisosissa havaittiin kuolleita kaloja, jotka olivat todennäköisesti menehtyneet hapen puutteeseen.

Seppäsen (1973) mukaan Päätyeenlahti toimii runsaan vesikasvillisuutensa ansiosta tehokkaana ravinteiden pidättäjänä. Vaikka koko vesimassa on talvisin hapeton, ei ravinteiden vapautumista pohjalietteestä ole ollut havaittavissa samassa laajuudessa kuin syvänteessä 1980-luvun alussa todettiin. Tätä käsitystä tukevat myös ke-vättalvella 1988 tehdyt sedimenttitutkimukset (kohta 4.4.), joissa todettiin sedimenttifosforin liukoisen fosforin osuuden olevan Päätyeenlahdessa selvästi pie-nempi kuin syvänteen alueella. Selvityksen mukaan Pääty-keenlahden sedimentin merkitys fosforivarastona on pie-nentynyt, ja sen fosforinpidätyskyky on häiriintynyt.

Päätyeenlahdesta purkautuvan veden (asema 11) kokonais-fosforipitoisuuden keskiarvo on viime vuosina ollut seuraava:

Jakso	Talvi	Koko vuosi
	KOK-P, $\mu\text{g/l}$	
1971-75	31	35
1976-80	37	32
1981-85	43	39
1986-88	40	35

Talvikauden arvot näyttävät jonkin verran kohonneen 1980-luvulla, mutta ne eivät juurikaan poikkea vastavasta koko vuoden keskiarvosta.

Päätyeenlahden kautta Kiteenjärveen kohdistuva fosforikuormitus on vuosien 1984-1987 havaintojen mukaan noin 1,2 kg/d. Väyrynen (1972) ja Ahtiainen (1976) ovat saaneet 1970-luvun alkupuolen arvioiksi 2,5 kg/d. Päätyeenlahti valuma-alueineen on kuormittajana samaa suuruusluokkaa tai jopa suurempi kuin kirkonkylän puhdistamo. Puhdistamon kuormituksen vähennyttyä viime vuosina on Päätyeenlahden merkitys korostunut. Jätevedenpuhdistamolta purkautuva fosfori on tosin Kaupin ja Niemen (1984) mukaan leville käyttökelpoisempaa kuin vesistöön valuma-alueelta hajakuormituksena tuleva fosfori.

Päätyeenlahden "kunnostusta" on pohdittu jo 1970-luvun alkupuolella (Liimatta 1971). Tällöin on esitetty kahta vaihtoehtoa: 1) vedenpinnan nosto ja 2) lahden täydellinen kuivaaminen. Päätyeenlahdelle tehtäville toimenpiteille asettaa erityisvaatimuksia lahden kuulumisen valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan (1981) sekä sillä sijaitsevat luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet (kohta 2, s. 7).

Onkin ilmeistä, että Päätyeenlahden kunnostuksessa tulee kyseeseen ainoastaan linnuston elinolojen parantaminen mm. umpeenkasvua ehkäisemällä. Lahtea voitaisiin esimerkiksi ruopata yläosastaan, jolloin sen ja itse Kiteenjärven väliin jäisi suojavyöhyke. Ruoppauksen vaikutukset Kiteenjärven veden laatuun saattaisivat kuitenkin olla ainakin väliaikaisesti kielteiset. Päätyeenlahden vedenkorkeuden nosto sen sijaan ei liene toteutuskelpoinen vaihtoehto, eikä alueen veden laatuun voitane käytettävissä olevilla menetelmillä muutoinkaan juuri vaikuttaa. Päätyeenlahden kunnostusmahdollisuuksien samoin kuin sen Kiteenjärkeä kuormittavan vaikutuksen selvittämiseksi tarvittaisiin edelleen lisäselvityksiä.

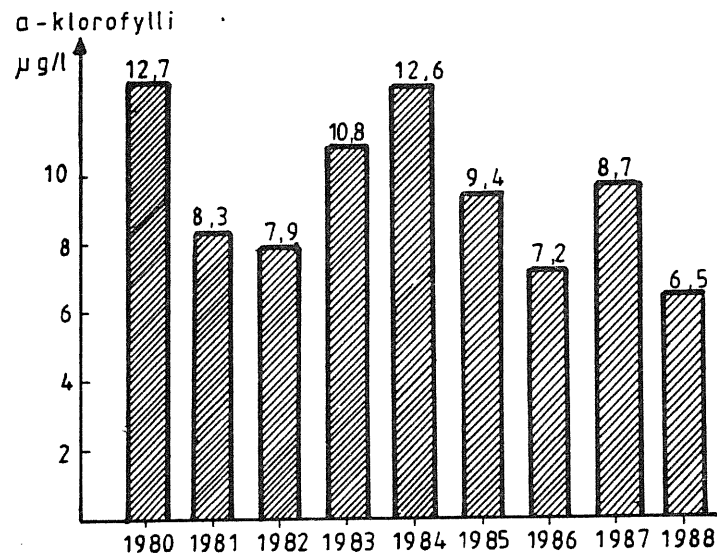
5 P Ä Ä T E L M Ä T

5.1 KITEENJÄRVEN TILAN KEHITTYMINEN VUOSINA 1970-1988

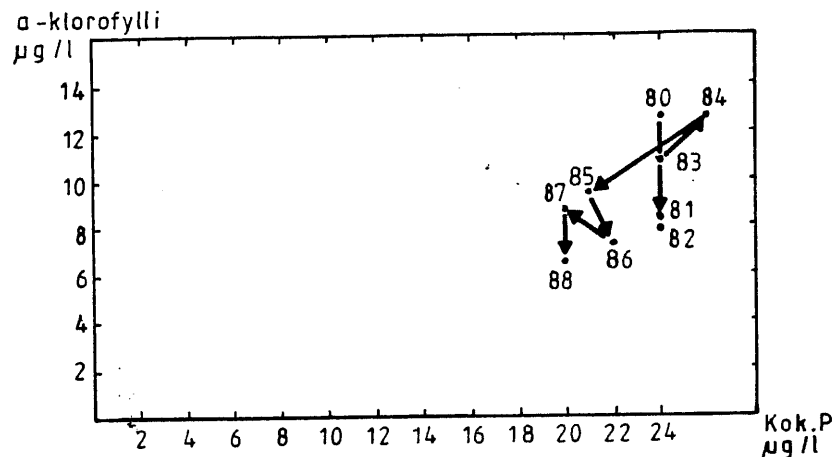
Liitteissä 2-5 on esitetty happi-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuden sekä lämpötilan kehittyminen Kiteenjärven syvänteessä kesä- ja talvikauden aikana vuosina 1970-1987. 1980-luvulla jääpeitteisen ajan (1.1.-30.4.) pohjan läheisen vesikerroksen keskimääräinen happipitoisuus on noussut ja kokonaisfosforipitoisuus vastaavasti pienentynyt edelliseen vuosikymmeneen verrattuna. Talviaikana myös syvänteen veden keskimääräinen lämpötila on alentunut parilla asteella ilmastimen sekoittavan vaikutuksen seurauksena. Laite pumpkaa talvella kylmää, hapekasta ja vähäfosforista päällysvettä alusveen. Jääpeitteisen ajan pintaveden kokonaistyyppipitoisuuksissa sen sijaan on havaittavissa selvää kohoamista viime vuosien aikana. Vastaavaa ei voida todeta kesäkauden (1.6.-31.8.) kokonaistyyppiarvoissa.

Kesäkauden keskiarvoissa ei ole tapahtunut selviä muutoksia vuosien 1970-1987 aikana. Arvojen vaihtelu on suurta, mikä osittain selittyy sillä, että eri vuodet ovat olleet hydrologisilta oloiltaan hyvin erilaiset. Vuodet 1974, 1981, 1983, 1985, 1987 ja 1988 olivat erityisen runsassateisia, minkä vuoksi valumat ja vastaavasti vesistöihin joutuvat ravinnehuuhtoumat olivat normaalia suuremmat. Hydrologiset tekijät ovat luonnollisesti vaikuttaneet myös jääpeitteisen ajan veden laatuun.

Vuoden 1985 jälkeen Kiteenjärven rehevyystaso näyttää jonkin verran laskeneen viime vuosien runsassateisuudesta ja suurista huuhtoumista huolimatta (kuva 13 a ja b). Veden tuottavuutta kuvaavat kasvukauden ajan a-klorofylli- ja kokonaisfosforipitoisuusarvot olivat vuonna 1988 alhaisemmat kuin muina vuosina 1980-luvulla.



a.



b.

Kuva 13. Päällysveden kasvukauden ajan a) a-klorofylli- ja b) a-klorofylli- ja kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo Kiteenjärvessä (asema 1) vuosina 1980-1988.

Rehevyytasoltaan Kiteenjärvi voidaan luokitella a-klorofylli- ja kokonaisfosforipitoisuutensa perusteella lievästi reheväksi (mesotrofiseksi) ja kokonaistyyppipitoisuutensa perusteella reheväksi (eutrofiseksi; vrt. Forsberg ja Ryding 1980, OECD 1982). Vesien käyttökelpoisuusluokituksen (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988), jossa luokat ovat I erinomainen, II hyvä, III tyydyttävä, IV välttävä ja V huono, mukaan Kiteenjärvi kuuluu tyydyttävään luokkaan (III), Päätyeenlahti sen sijaan luokkaan V (huono). Virkistyskäyttöarvoltaan järven vesi on niin ikään tyydyttävää (III), puhdistamon edustalla ja Päätyeenlahdessa kuitenkin välttävää (IV).

Tehty sedimenttitutkimus antaa varsin niukkaa tietoa järven kehittymisestä ajassa. Ilmastamisen vaikutukset näkyvät toistaiseksi syvänteiden kerrostumissa heikosti. Tulevat vuodet näyttävät, mihin suuntaan Kiteenjärven tila kehittyy, eli pystytäänkö ilmastuksen avulla kohentamaan järven tilaa ja käyttökelpoisuutta, vai riittääkö ilmastus ainoastaan säilyttämään nykyisen tilan ennallaan.

5.2 TOIMENPIDESUOSITUKSIA

Sedimenttitutkimuksen mukaan Kiteenjärven syvänteiden pohjalietteessä on helposti liukenevaa fosforia, joka erityisesti hapettomissa oloissa voi vapautua yläpuoliseen vesikerrokseen ja aiheuttaa sisäistä kuormitusta. Pohjalietteessä on myös orgaanista ainetta, jonka hajottamiseen syvänteiden omat happivarat eivät riitä. Talvikauden ajan (marras-huhtikuu) ilmastusta olisi näin ollen jatkettava kuten tähänkin saakka.

Kesäaikainen ilmastus ei näytä käytettävissä olevien tietojen perusteella välttämättömältä, koska järven tuulille alttiissa syvänteessä kerrostumisherkkyys on luontaisestikin heikko. Kesäkauden ilmastus voitaisiinkin kokeiluluonteisesti lopettaa esimerkiksi 1-2 vuoden ajaksi. Tänä aikana tulisi syvänteiden happitilanteen kehittymistä seurata kesäkuukausina mahdollisimman tiheävälisesti, mieluummin kerran viikossa. Saatujen tulosten perusteella ratkaistaisiin sen jälkeen kesäkuukausien ilmastuksen tarve.

Ilmastuksen lisäksi tulee Kiteenjärveen kohdistuvaa ravinnekuormitusta pyrkiä vähentämään kaikin mahdollisin tavoin. Erityisesti tämä koskee Humalajoen valuma-alueelta tulevaa kuormitusta, vaikka se ei kohdistukaan suoraan syvänteeseen. Luonnollisesti myös kirkonkylän puhdistamon hyvätasoinen toiminta on syvänteiden happitilanteen kannalta ensiarvoisen tärkeää.

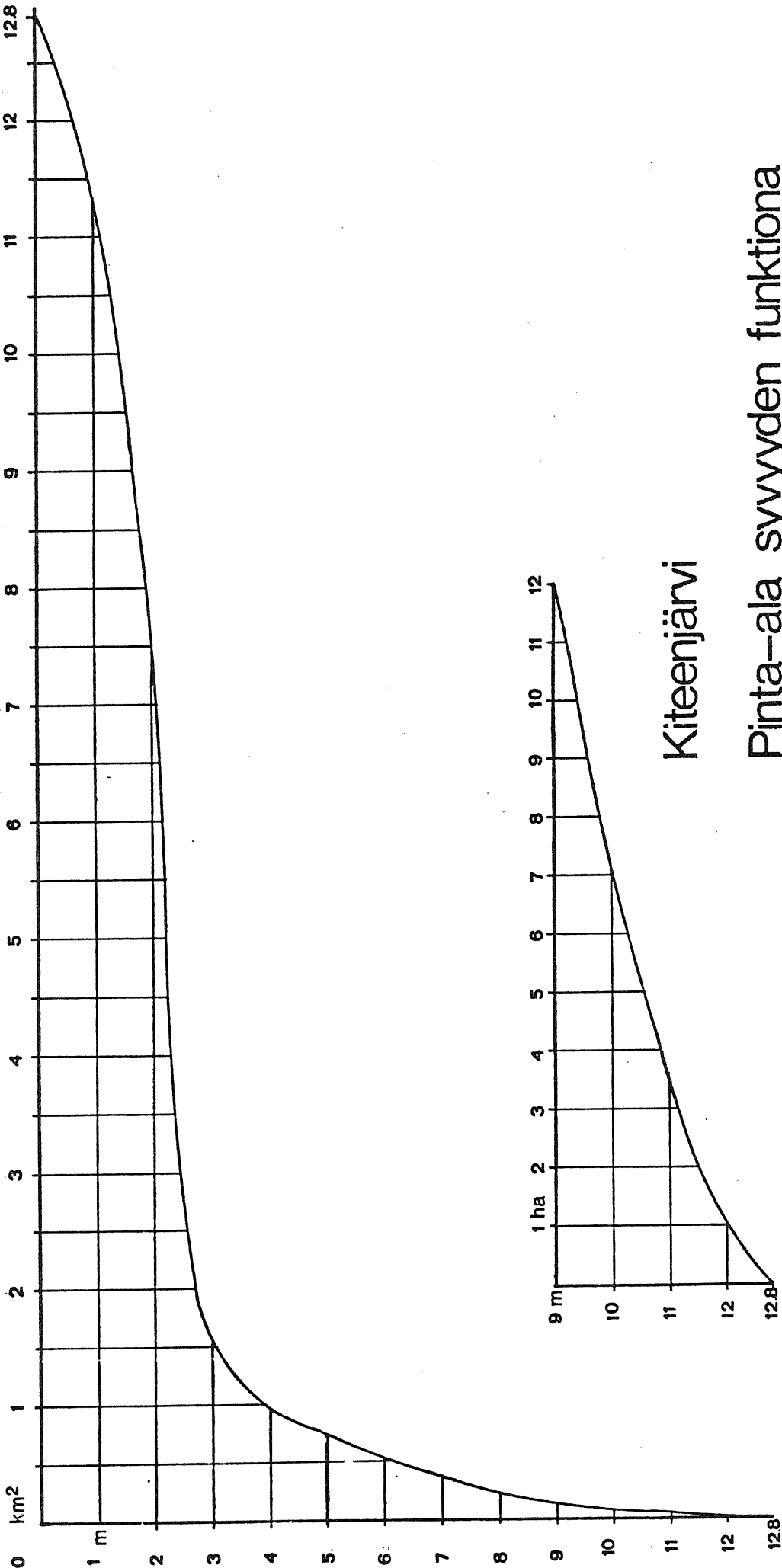
Päätyeenlahden veden laatuun ei käytettävissä olevin keinoin voitane paljoakaan vaikuttaa. Alueen osalta tarvittaisiin edelleen lisäselvityksiä.

K I R J A L L I S U U S

- Ahtiainen, M. 1976. Kiteenjärven kunnostamissuunnitelma. Joensuu. 5 s. Pohjois-Karjalan vesitoimistossa laadittu suunnitelma.
- Carignan, R. & Flett, R. J. 1981. Postdepositional mobility of phosphorus in lake sediments. Limnol. Oceanogr., vol. 26, p. 361-366.
- Forsberg, C. & Ryding, S.-O. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indicates in 30 waste receiving Swedish lakes. Archiv für Hydrobiologie, vol. 89, p. 189-207.
- Hansen, K. 1961. Lake types and lake sediments. Verh. Int. Ver. Limnol., vol. 14, p. 285-290.
- Insinööritoimisto Oy Väylä. 1979. Tutkimus Kiteen kk:n jätevesien purkuputken jatkamisen vaikutuksesta jätevesien leviämisessä ja arvio niiden vaikutuksesta Kiteenjärven ja/tai Hyypiin tilaan. Joensuu. 9 s. Tutkimusraportti, 9.8.1979.
- Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa 1971-1982. Helsinki, vesihallitus. 142 s. Vesihallituksen monistesarja nro 408. ISBN 951-46-9357-4, ISSN 0358-7169.
- Kaarakka, T. 1972. Kiteenjärven kunnostussuunnitelma. 36 s. Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimistossa tehty suunnitelma. Käsikirjoitus 9.10.1972.
- Kauppi, L. 1979. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to watercourses. Helsinki, vesihallitus. S. 35-46. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 34. ISBN 951-46-4609-6, ISSN 0355-0982.
- Kauppi, L. & Niemi, M. 1984. The role of runoff water phosphorus in eutrophication. Helsinki, vesihallitus. S. 41-51. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 57. ISBN 951-46-8081-2, ISSN 0355-0982.
- Kilpiäinen, K. 1976. Kiteenjärven laskumaatuman rakenne ja käyttö vanhassa niittytaloudessa. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 34 s. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja N:o 16. ISBN 951-696-078-2.
- Käyhkö, P. 1988. Tietoa Pohjois-Karjalan järvenlaskuista. Joensuu. 61 s. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä tehty selvitys. Käsikirjoitus.
- Lehtojensuojelutyöryhmän mietintö. 1988. Helsinki. 279 s. Komiteamietintö 1988:16. ISBN 951-47-1197-1, ISSN 0356-9470.
- Liimatta, P. 1971. Kiteenjärven saneeraussuunnitelma. Joensuu. 8 s. Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimistossa laadittu suunnitelma. 15.9.1971.
- Messer, J.J., Ihnat, J.M. & Wegner, D.L. 1984. Phosphorus release from the sediments of Flaming Gorge Reservoir, Wyoming, U.S.A. Verh. Int. Ver. Limnol., vol. 22, p. 1457-1464.

- Nürnberg, G.K. 1988. Prediction of phosphorus release rates from total and reductant - soluble phosphorus in anoxic lake sediments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., vol. 45, p. 453-462.
- OECD. 1982. Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Paris. 154 p. ISBN 92-64-12298-2.
- Plan-Sell Oy. 1983. Hydixor-hapetin. Heinola. 4 s. Esite.
- Plan-Sell Oy. 1984. Planox - Nykyaikainen hapensiirtojärjestelmä jätevedenpuhdistamoihin. Heinola. 4 s. Esite.
- Pohjois-Karjalan seutukaavaliitto. 1974. Pohjois-Karjalan luonnonympäristö. Joensuu. 64 s. Pohjois-Karjalan seutukaavaliiton julkaisu A 10.
- Saloheimo, V. 1978. Itä-Suomen ympäristöhistoriallisen tutkimuksen loppuraportti. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 22 s. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 33.
- Seppänen, P. 1973. Muistio Kiteenjärven kunnostuskysymyksessä v. 1973 esiin tulleista seikoista. 8 s., liitteet. Vesihallitus, vesiensuojelu- ja vesien virkistyskäyttötoimisto. Muistio 23.11.1973.
- Seppänen, P. 1974. Alusveden ilmastuskokeet Suomessa kevättalvella 1974. Julk.: Vesiyhdistys r.y. 1974. Järvien kunnostus. Helsinki. S. 78-91. Vesipäivät 8.-9.5.1974.
- Seppänen, P. 1975. Vesihallituksen ja Pohjois-Karjalan vesipiirin suorittama Kiteenjärven alusveden ilmastuskoe kevättalvella 1975. 4 s. Vesihallitus, vesiensuojelu- ja vesien virkistyskäyttötoimisto. Alustava raportti, 26.9.1975.
- Seuna, P. 1971. Suomen vesistöalueet. Helsinki, vesihallitus. 53 s. Tiedotus 10.
- Tuomi, M.-L. & Kettunen, A. 1974. Kiteenjärven valuma-alueen ojitukset. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 13 s. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja N:o 9/1974. Tutkimusprojekti. Itä-Suomen ympäristöhistoriallinen tutkimus. ISBN 951-696-028-6.
- Valtakunnallinen lintuvesiensuojeluohjelma. 1981. Helsinki. 186 s. Komiteanmietintö 1981:32. MMM:n lintuvesityöryhmä. ISBN 951-46-4239-2, ISSN 0356-9470.
- Verta, M., Tolonen, K. & Simola, H. 1988. History of heavy metal pollution in Finland as recorded by lake sediments. Manuscript, submitted to Science of the Total Environment.
- Vesihallitus. 1976. Pohjois-Karjalan vesien käytön kokonaissuunnitelma: II-osa. Helsinki. 225 s. Tiedotus 102. ISBN 951-46-1966-8, ISSN 0355-0745.
- Vesihallitus. 1979. Pohjois-Karjalan vesien käytön kokonaissuunnitelma. Helsinki. 168 s. Vesihallituksen julkaisuja 27. ISBN 951-46-3753-4, ISSN 0355-9297.

- Vesihallitus. 1984. Vesiviranomaisten käyttämät vesitutkimuksen näytteenottomenetelmät. Toinen, korjattu painos. Helsinki. 56 s. Vesihallituksen julkaisuja 40. ISBN 951-46-8367-6, ISSN 0355-9297.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1988. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. Helsinki. 48 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 20. ISBN 951-47-1805-4, ISSN 0783-327X.
- Williams, J.D.H., Jaquet, J.-M. & Thomas, R.L. 1976. Forms of phosphorus in the surficial sediments of Lake Erie. J. Fish. Res. Board Can., vol. 33, p. 413-429.
- Vuorinen, J. 1977. Kiteenjärven likaantuminen ja hoitotoimet. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 8 s. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitos, julkaisuja N:o 23. ISBN 951-696-131-2, ISSN 0355-6859.
- Vuorinen, J. 1978. The influence of prior land use on the sediments of a small lake. Polskie Archiwum Hydrobiologii, vol. 25, no. 1/2, p. 443-451.
- Väyrynen, M. 1970. Kiteenjärven kehityksestä vv. 1962-1970 sekä järven tilan parantamiseen tähtäävät toimenpiteet. Joensuu. 9 s. Pohjois-Karjalan vesipiirin vesitoimistossa laadittu selvitys. 31.8.1970.
- Väyrynen, M. 1972. Kiteenjärven kuormitus, veden laatu ja sen parantamismahdollisuudet. Oulu, Oulun yliopisto. 85 s., 17 liitettä. Diplomityö, rakennusinsinööriolosasto.

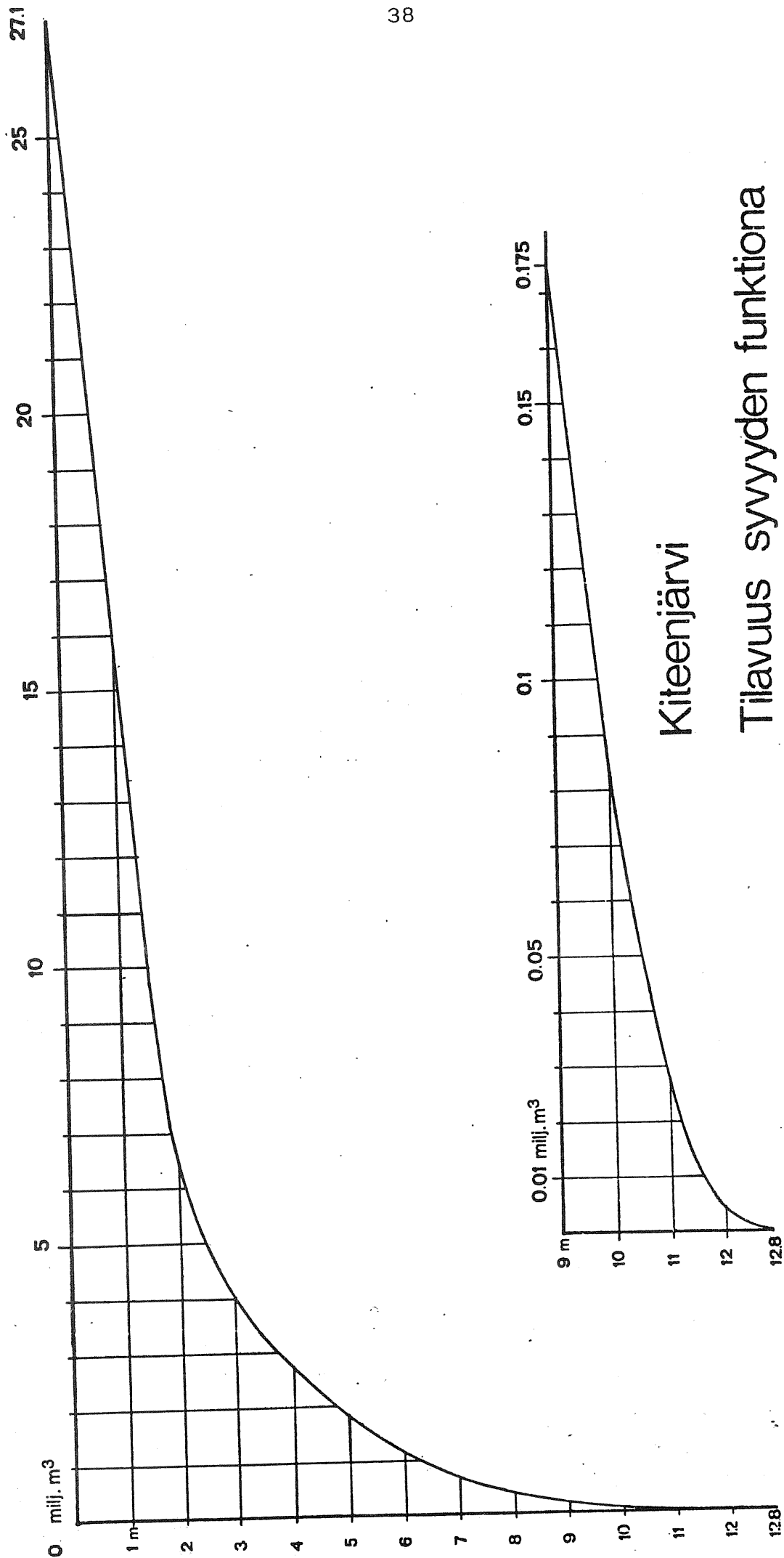


Kiteenjärvi

Pinta-ala syvyyden funktiona

(ilman Päätyenlahtea)

(Seppänen 1974)



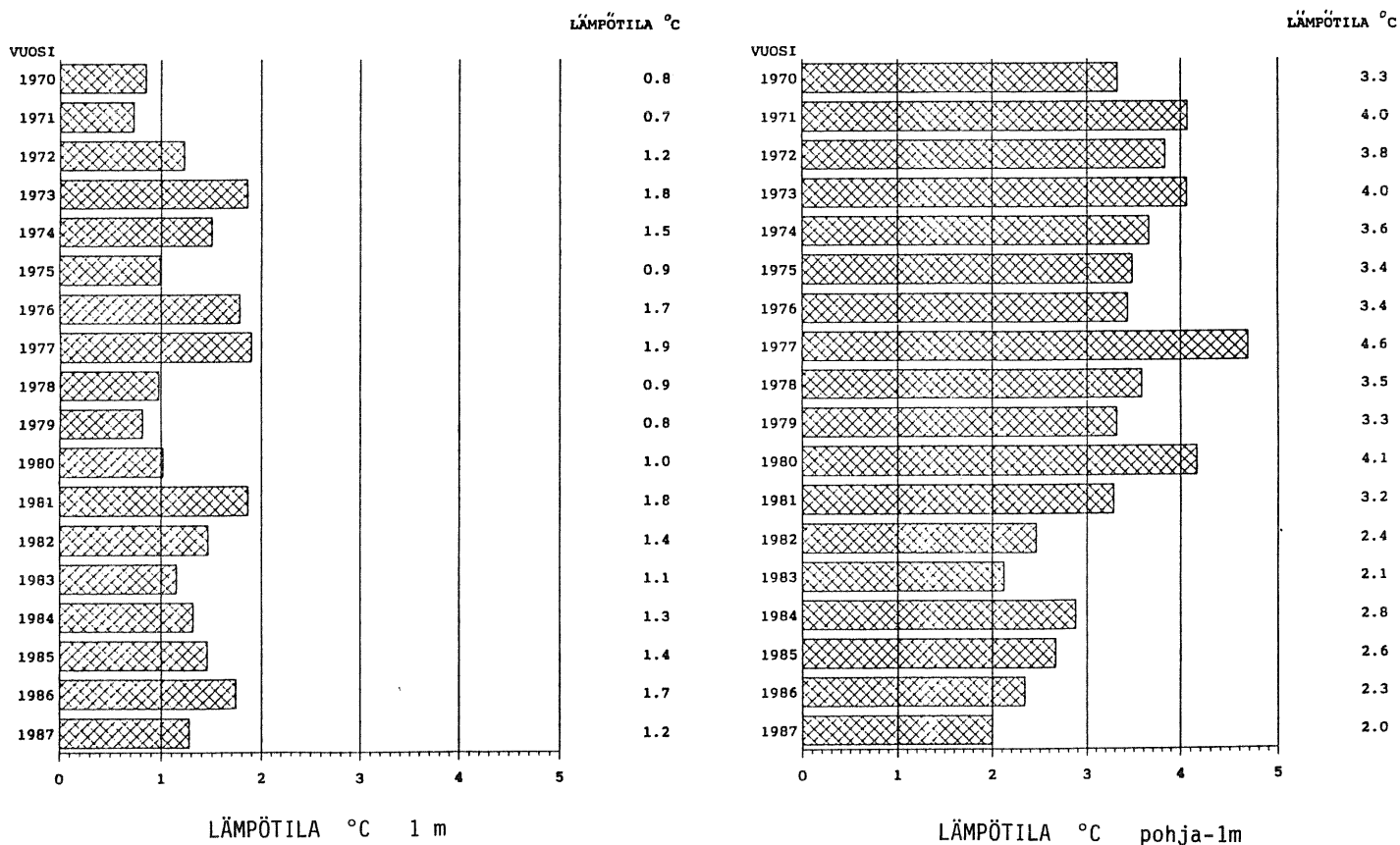
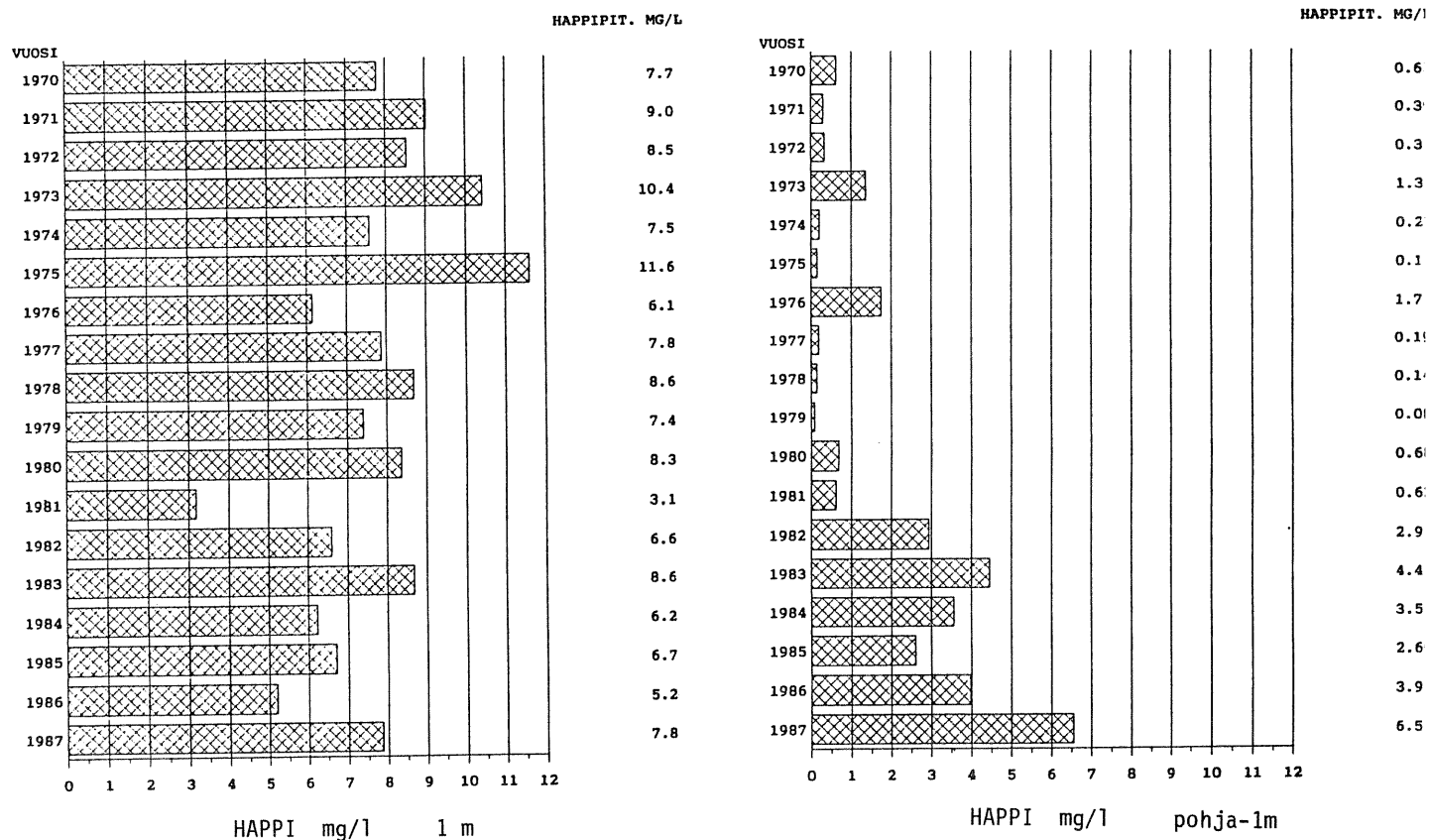
Kiteenjärvi

Tilavuus syvyyden funktiona

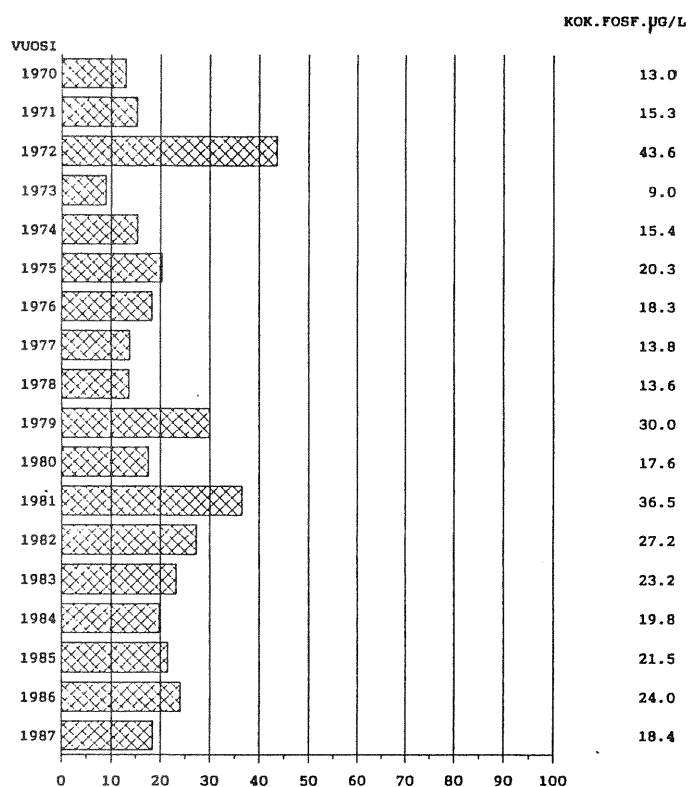
(Ilman Päätyenlahtea)

(Seppänen 1974)

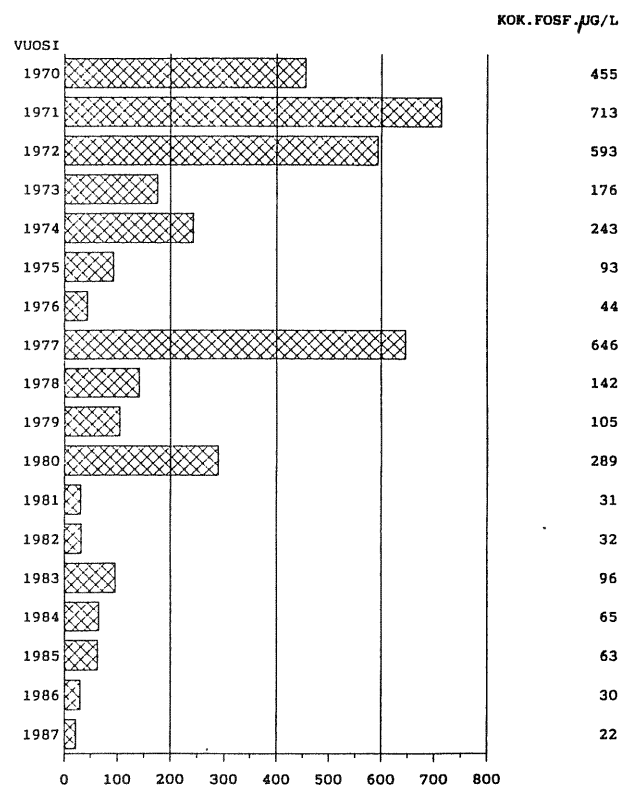
Veden happipitoisuuden ja lämpötilan keskiarvo Kiteenjärven (asema 1) 1.1.-30.4. vuosina 1970-1987 (1 m ja pohja - 1 m)



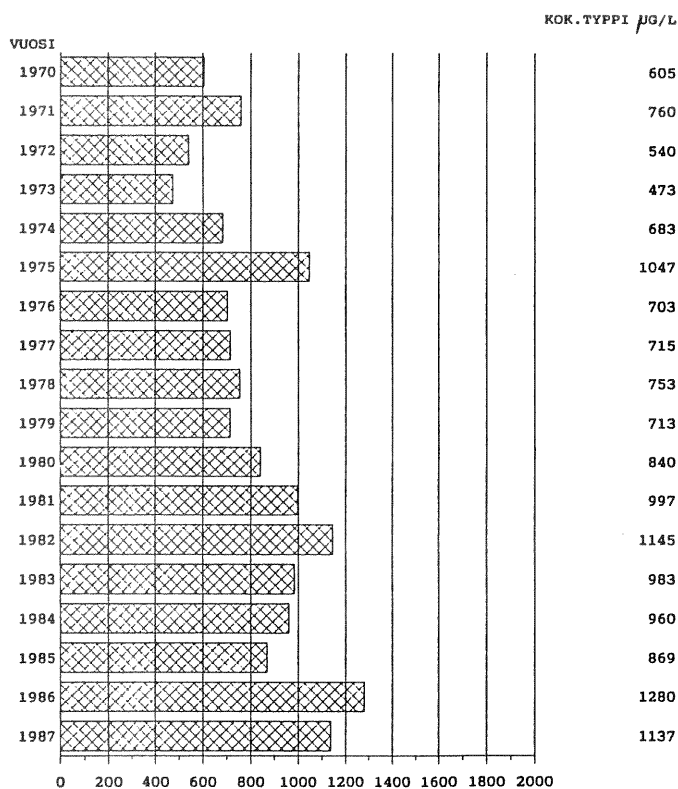
Veden kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuden keskiarvo Kiteen-
järvessä (asema 1) 1.1.-30.4. vuosina 1970-1987 (1 m ja pohja - 1m)



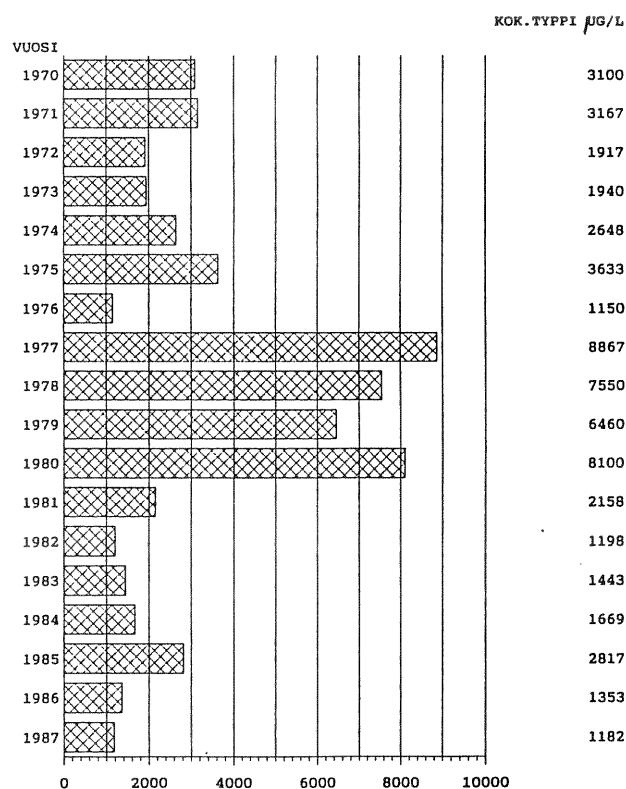
KOK.P µg/l 1 m



KOK.P µg/l pohja-1m

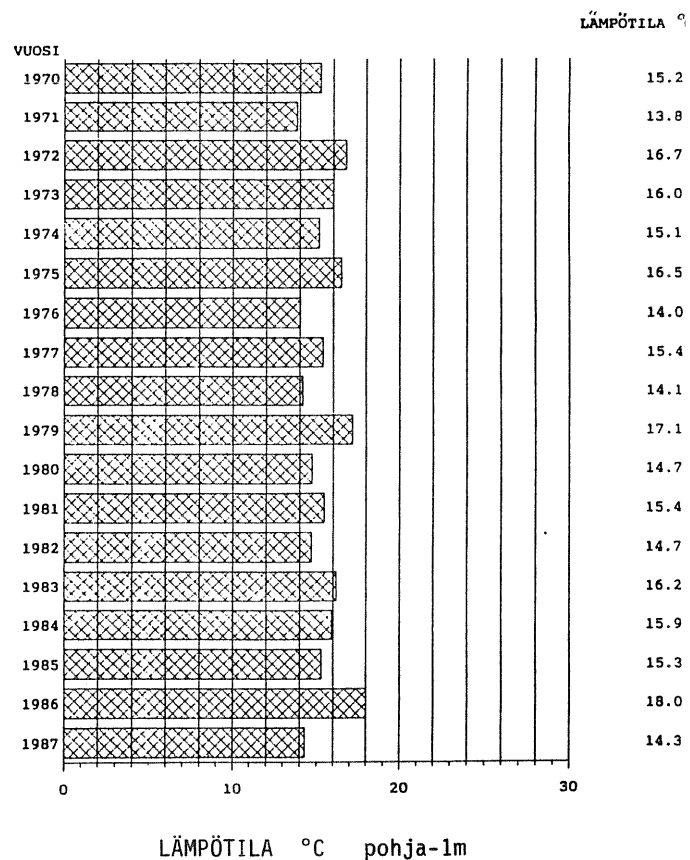
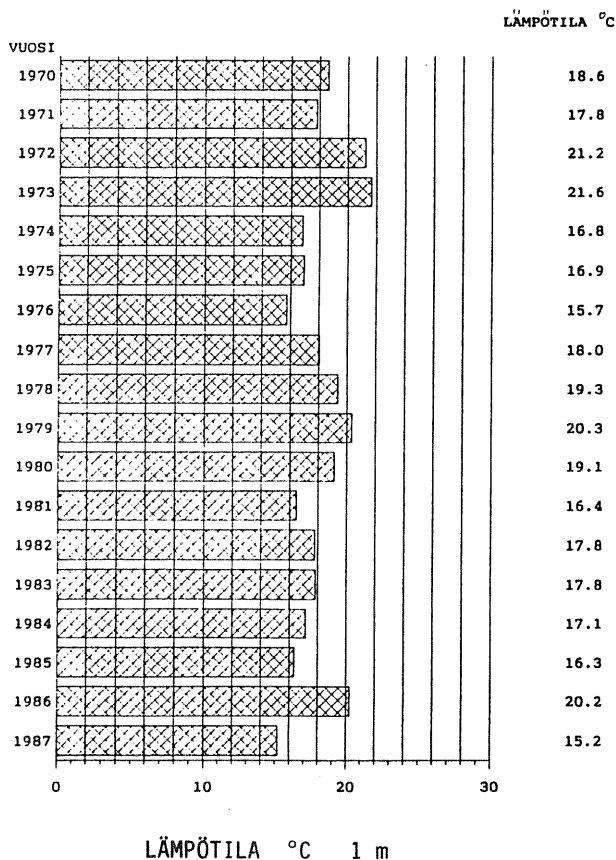
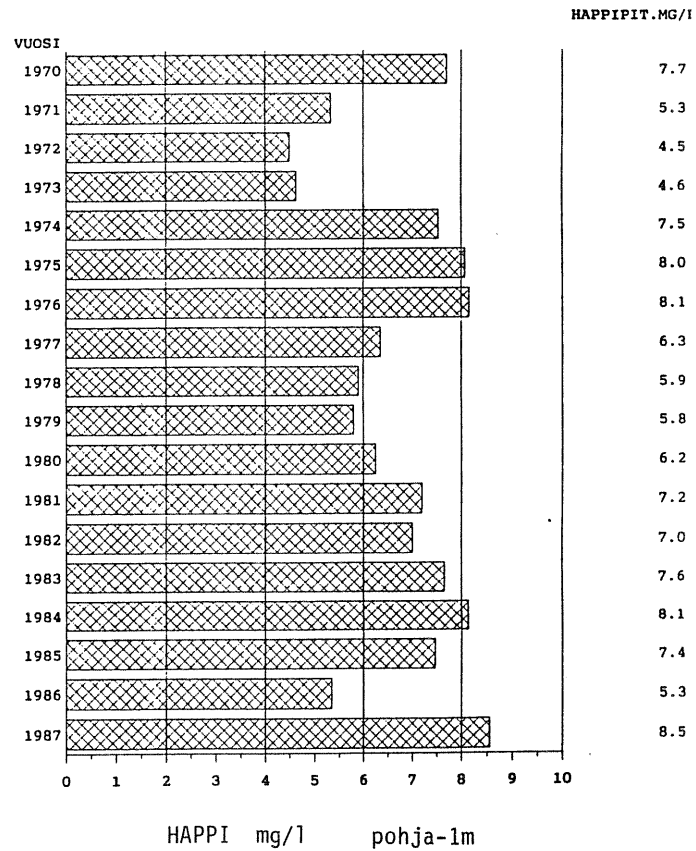
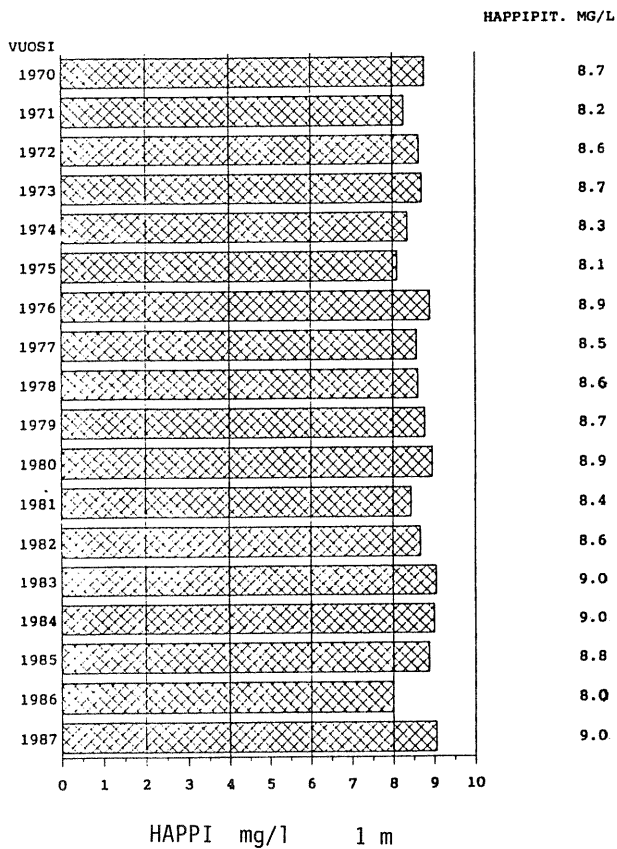


KOK.N µg/l 1 m

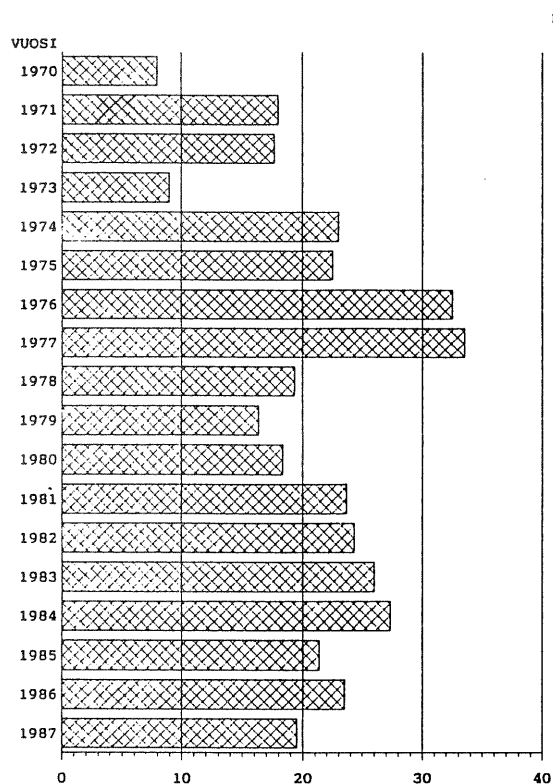


KOK.N µg/l pohja-1m

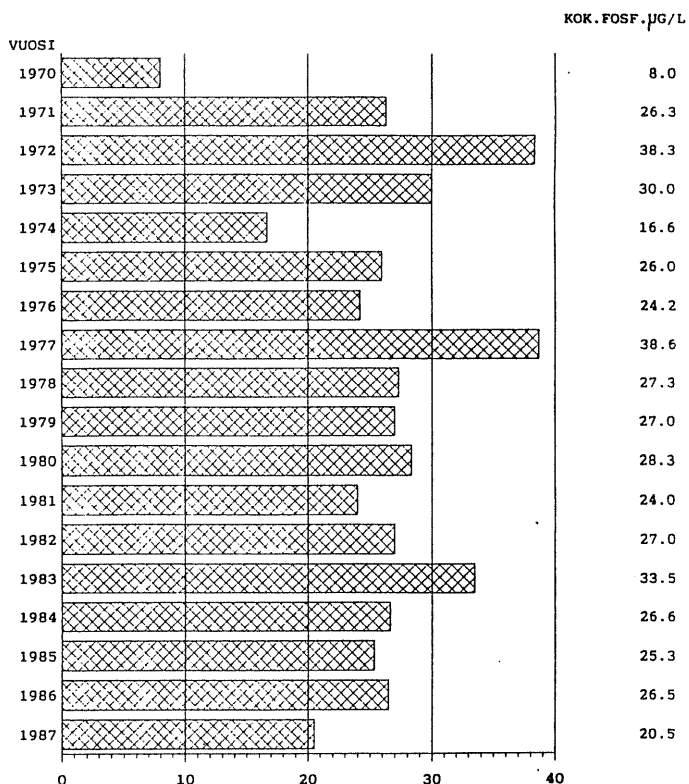
Veden happipitoisuuden ja lämpötilan keskiarvo Kiteenjärvässä
(asema 1) 1.6.-31.8. vuosina 1970-1987 (1 m ja pohja - 1 m)



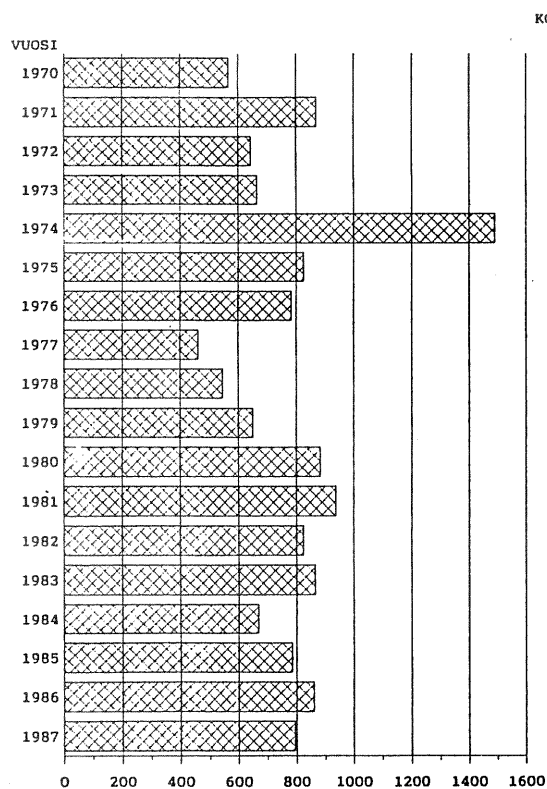
Veden kokonaisfosfori- ja kokonaistypipitoisuuden keskiarvo Kiteen-järvessä (asema 1) 1.6.-31.8. vuosina 1970-1987 (1 m ja pohja - 1m)



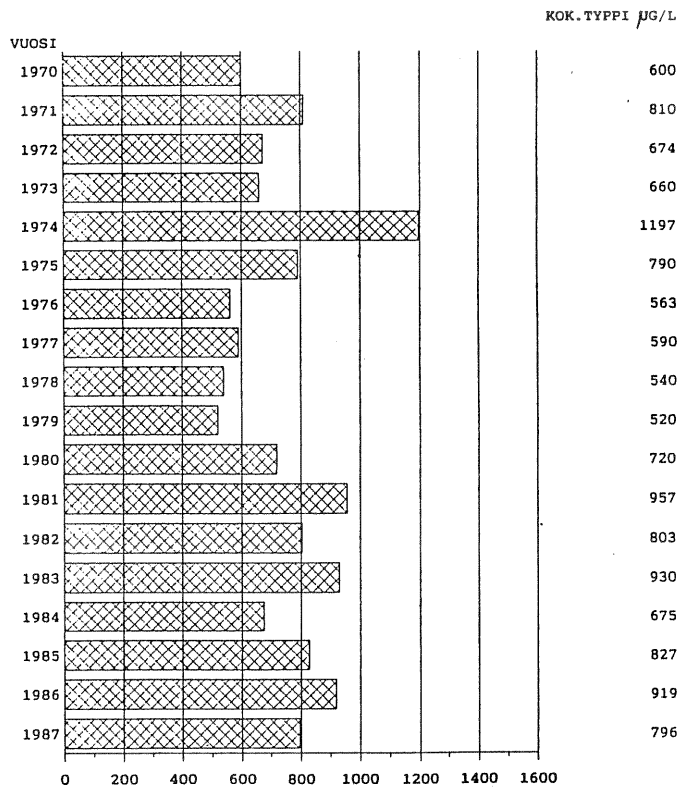
KOK.P $\mu\text{g/l}$ 1 m



KOK.P $\mu\text{g/l}$ pohja-1m



KOK.N $\mu\text{g/l}$ 1 m



KOK.N $\mu\text{g/l}$ pohja-1m

